Wissen

Die Schwergewichte der kosmischen Evolution

Die grössten schwarzen Löcher, die sich im Zentrum von Sternsystemen befinden, bereiten den Astronomen Kopfzerbrechen: Wie konnten sie so schnell so gross werden?

Von Thomas Bührke

Es war eine glückliche Zufallsentdeckung, die Astronomen um Suvi Gezari von der Johns Hopkins University in Baltimore (USA) im Juni 2010 machten. Mit mehreren Teleskopen beobachteten sie einen ungewöhnlichen Helligkeitsausbruch im Zentrum einer Galaxie – also einem jener Sternsysteme, die aus Hunderten von Milliarden Mitgliedern bestehen und zu denen auch unsere Milchstrasse gehört. Die Forscher sahen die letzten Lebenszeichen eines Sterns, der kurz darauf in ein schwarzes Loch stürzte und darin verschwand. Die mit 32 Millionen Kilometer pro Stunde auf das schwarze Loch zurasende Materie hatte sich so stark erhitzt, dass sie extrem helle UV- und Röntgenstrahlung aussandte. Im letzten Mai berichteten Suvi Gezari und ihre Kollegen im Fachjournal «Nature» über ihre Beobachtung.

Solche Ereignisse sind sehr selten. In einer Galaxie ereignen sie sich alle zehn- bis hunderttausend Jahre einmal. Astronomen können sie nur aufspüren, indem sie Nacht für Nacht mehrere Hunderttausend Galaxien mit computergesteuerten Teleskopen überwachen. Dazu dient unter anderen das von Gezari und Kollegen genutzte Teleskop Pan-Starrs 1 auf dem Vulkan Haleakala im amerikanischen Insel-Bundesstaat Hawaii.

Weit mehr Masse als die Sonne

Das von Gezari observierte schwarze Loch beinhaltet rund vier Millionen Mal so viel Materie wie unsere Sonne. Sie ist ein Leichtgewicht. Astronomen kennen über tausendmal schwerere Exemplare von schwarzen Löchern mit bis zu zehn Milliarden mal der Masse der Sonne. Solche Giganten finden sich bis in Entfernungen von rund 13 Milliarden Lichtjahren und existierten demnach bereits früh, als das Universum noch nicht einmal eine Milliarde Jahre alt war.

Astronomen kennen heute nur einen Prozess, der zu schwarzen Löchern führt. Sie entstehen, wenn bei grossen Sternen der Brennstoff aufgebraucht ist. Normalerweise verschmelzen oder fusionieren im Innern der Sterne Atomkerne von Wasserstoff, Helium und anderen leichten Elementen zu schwereren Stoffen wie Eisen. Dabei wird Energie frei, die das zentrale Gas erhitzt und einen Druck gegen die Schwerkraft aufbaut. Das verhindert, dass der Stern in sich zusammenfällt und hält ihn stabil.

Wenn im Zentralbereich aller Brennstoff zu Eisen verschmolzen ist, funktioniert die Fusion aber nicht mehr. Dann setzt die Heizung aus und der Druck des heissen Gases lässt schlagartig nach. In der Folge bricht der Zentralbereich des Sterns unter dem Einfluss der Schwerkraft zusammen. Die äussere Hülle hingegen wird abgesprengt und leuchtet als Supernova auf.

Wissenschaftler kennen keine Kraft, die den Kollaps des eisenhaltigen Kernbereichs stoppen könnte, sodass dieser sich unaufhaltsam zusammenzieht – theoretisch bis zu einem Punkt. Was dabei aus der Materie wird, weiss niemand. Um dieses schrumpfende Objekt herum zieht sich der Raum zusammen, ähnlich wie ein Gummituch, in das man eine schwere Kugel hineinlegt. Schliesslich schnürt sich das Raumgebiet sogar vom restlichen Universum ab. Von nun an kann nur noch etwas von aussen in diese Raumblase hineinfallen, aber nichts von innen herauskommen – nicht einmal Licht. Das schwarze Loch ist geboren.

Kosmisches Grab

Auf diese Weise findet Materie mit etwa der zehnfachen Sonnenmasse ihr kosmisches Grab, wie theoretische Modelle vorhersagen und Beobachtungen an schwarzen Löchern in unserer Milchstrasse bestätigen. In den Zentren von Galaxien ruhen aber Giganten mit mehreren Milliarden Sonnenmassen. Es ist eines der grossen Rätsel der Kosmologie, auf welche Weise sie in weniger als einer Milliarde Jahren nach dem Urknall derart schnell anwachsen konnten. Zudem fragen sich die Forscher, wie die Riesen die Entwicklung der Galaxien beeinflusst haben.

Messier 82, eine Spiralgalaxie im Sternbild Grosser Bär, hat im Zentrum ein riesiges schwarzes Loch. Foto: Nasa

Nur ein Prozess, der zu schwarzen Löchern führt, ist bekannt: wenn bei grossen Sternen der Brennstoff verbraucht ist.

«Die Entdeckungen belegen, dass es eine symbiotische Beziehung zwischen schwarzen Löchern und ihren Galaxien gibt – und zwar seit Anbeginn der Zeit», kommentiert Kevin Schawinski, der Ende Mai zum Assistenzprofessor für Astrophysik von Galaxien und schwarzen Löchern an der ETH ernannt worden ist. Beobachten lässt sich die frühe Entstehungsphase nicht. Die Forscher sind auf die Rechenkraft von Computern angewiesen, mit denen sie die Urverhältnisse simulieren. Thomas Greif vom Max-Planck-Institut für Astrophysik in Garching bei München geht der derzeit favorisierten Theorie nach: dem Kollaps von Megasternen kurz nach dem Urknall.

Das Universum enthielt anfangs nur die leichten Elemente Wasserstoff und Helium, keine schweren Substanzen wie Kohlenstoff, Stickstoff oder Eisen. Das hatte die scheinbar paradoxe Folge, dass die ersten Sterne durchschnittlich hundertmal schwerer waren als die heutigen. «Sie verbrannten ihren Brennstoff rasend schnell, explodierten bereits nach wenigen Millionen Jahren und kollabierten zu den ersten schwarzen Löchern mit vielleicht hundert Sonnenmassen», so Greif. Diese zogen weitere Materie aus der Umgebung an und wuchsen stetig. Doch dieses Szenario hat einen Haken.

Die Megasterne leuchteten so hell, dass ihre Strahlung das meiste Gas aus ihrer Umgebung wegschob. Und bei den finalen Supernovas rissen die Explosionswolken den Rest der umgebenden Materie mit sich. Die Folge: Die aus den Megasternen entstandenen schwarzen Löcher fanden keine Nahrung. Die schwarzen Löcher, so brachte es der Theoretiker Jarrett Johnson vom Los Alamos National Laboratory kürzlich auf den Punkt, wurden geboren, um zu hungern.

Einige Astronomen nehmen an, dass im frühen Universum lokal Bedingungen geherrscht haben könnten, die zur direkten Entstehung eines schwarzen Lochs mit bis zu hunderttausend Sonnenmassen führten – ohne das Zwischenstadium eines Sterns. Hierzu wäre es notwendig gewesen, dass sich riesige Gaswolken zusammenballten und unter dem Einfluss der Schwerkraft so schnell zusammenzogen, dass im Zentrum dieser Wolke keine Zeit für das Einsetzen der Kernfusion blieb, die den weiteren Kollaps des Gases gestoppt hätte. «Dafür müssten aber sehr spezielle Bedingungen geherrscht haben», erklärt Greif vom Max-Planck-Institut den Stand der Forschung. «Bislang lässt sich dieses Szenario noch nicht mit ausreichender Genauigkeit vollständig simulieren, sodass wir nicht wissen, ob es überhaupt funktioniert haben könnte.»

Klar ist derzeit nur, dass sich die riesigen schwarzen Löcher mit bis zu zehn Milliarden Sonnenmassen zeitgleich mit den ersten Galaxien entwickelt haben. So stellt sich unweigerlich die Henne-Ei-Frage: Was war zuerst da, die schwarzen Löcher oder die Galaxien? Haben die dunklen Riesen vielleicht sogar wie Kondensationskeime gewirkt, um die herum sich die Sternsysteme gebildet haben? Schwarze Löcher gewissermassen als kosmische Geburtshelfer – eine faszinierende Idee, die sich derzeit weder beweisen noch widerlegen lässt.

Eine symbiotische Beziehung

Unbestritten ist, dass die schwarzen Löcher und die sie umgebenden Galaxien sich in einer Art Symbiose gegenseitig in ihrer Entwicklung beeinflusst haben – zum Beispiel bei der Entstehung neuer Sterne. In Spiralgalaxien wie unserer Milchstrasse entstehen im Innern dichter Staubwolken jedes Jahr einige wenige Sterne. Es gibt auch Galaxien, in denen die Geburtsrate tausendmal höher ist.

Schwarze Löcher können dabei offenbar eine bedeutende Rolle spielen. Sie sind stets von ausgedehnten Scheiben umgeben, in denen Gas kreist. Gleichzeitig geht von diesen Scheiben auf noch ungeklärte Weise ein vermutlich überwiegend aus Wasserstoff bestehender Teilchenwind aus, der die gesamte Galaxie durchströmt. Das hat zweierlei Folgen, wie eine Gruppe um Mathew Page vom University College London kürzlich herausgefunden hat. Mit den beiden Weltraumteleskopen Herschel und Chandra beobachteten die Forscher, dass die Sternentstehungsrate in einer Galaxie mit steigendem Teilchenwind und wachsender Masse des schwarzen Lochs zunimmt. In diesem Fall schiebt der Wind umgebendes Gas zusammen, das sich dann weiter zu Sternen verdichtet. Bläst der Wind aber zu stark, lässt die Sternentstehungsrate abrupt nach. Vermutlich verdichtet der Wind das Gas dann nicht, sondern fegt es aus der Galaxie hinaus. Damit fehlt das Baumaterial für eine Sternentstehung.

Von einem genauen Verständnis dieser komplexen Vorgänge sind die Forscher noch weit entfernt. Unbestritten ist jedoch, dass schwarze Löcher nicht nur äusserst kuriose Erfindungen von Mutter Natur sind, sondern einen wichtigen Einfluss auf die kosmische Entwicklung hatten und noch haben.

Schwarze Löcher finden

Indirekter Nachweis

Schwarze Löcher lassen sich nur indirekt nachweisen. Astronomen können die Geschwindigkeiten messen, mit denen nahe Objekte wie Sterne oder Gas das Zentrum einer Galaxie umkreisen. Aus Umlaufgeschwindigkeit und Entfernung zum Mittelpunkt ergibt sich die Zentralmasse. Gibt es dort keine Sterne, muss es sich um ein schwarzes Loch handeln. Sind die schwarzen Löcher sehr weit entfernt, wird die Masse aus der Intensität der UV- und Röntgen strahlung ermittelt, die von der Gasscheibe ausgesendet wird, die das schwarze Loch umgibt.

Die Grösse eines schwarzen Lochs hängt ausschliesslich von seiner Masse ab. Würde unsere Sonne kollabieren (was wegen ihrer geringen Grösse nicht passieren wird), hätte sie einen Durchmesser von nur sechs Kilometern. Giganten mit zehn Milliarden Sonnenmassen besitzen einen rund siebenmal grösseren Durchmesser als die Bahn des äussersten Planeten Neptun. *(T. B.)*

Junge Nutzer von Solarien verdoppeln ihr Hautkrebsrisiko

Solarien erhöhen das Hautkrebsrisiko deutlich – auch wenn die Betreiber dies meist abstreiten: Fast 3500 neue Krebsfälle pro Jahr gehen allein in Europa auf das Konto der Sonnenbanken, 794 Menschen sterben jährlich an einem von Solarien verursachten Melanom, wie ein internationales Forscherteam berichtet. Die Wissenschaftler haben für ihre Studie 11 428 Hautkrebsfälle analysiert. Demnach steigt das Risiko für Hautkrebs durch den Besuch in einem Solarium um 20 Prozent. Besonders gefährdet seien Junge: Beginne jemand schon vor dem 35. Lebensjahr damit, sich den UV-Strahlen der Sonnenbank auszusetzen, steige sein Risiko sogar um das Doppelte, schreiben die Forscher im Fachmagazin «British Medical Journal». Frühere Studien hätten die mit Solarien verbundene Gefahr deutlich unterschätzt. «Leistungsstarke Bräunungsliegen können 10- bis 15-mal mehr ultraviolette Strahlung abgeben als die Mittagssonne am Mittelmeer», erklären Mathieu Boniol vom International Prevention Research Institute in Lyon und Kollegen. Entgegen früheren Annahmen sei das gesamte Spektrum der UV-Strahlung potenziell krebserregend, nicht nur der UV-B-Anteil. *(SDA/DAPD)*

Nachrichten

Verhalten

Schafe handeln in der Herde egoistisch

Droht Gefahr, bilden Schafherden eine enge Gruppenformation, die einem Angreifer geschickt auszuweichen scheint. Es sieht so aus, als schützten sie sich gegenseitig. Der Eindruck trügt jedoch, denn eigentlich handeln die Schafe egoistisch: Sie versuchen einfach nur, ins Zentrum der Gruppe zu gelangen, wie britische Forscher im Fachblatt «Current Biology» berichten. Dass hinter dem Herdentrieb mehr Eigennutz als Altruismus steckt, wurde bereits vermutet. Nun wiesen dies Andrew King von der University of London und seine Kollegen empirisch nach, indem sie alle 46 Mitglieder einer Schafherde mit GPS-Sendern ausstatteten. Dadurch konnten die Forscher genau nachvollziehen, wie sich jedes einzelne Tier bewegte, und daraus Computermodelle der Herdendynamik erstellen. *(SDA)*

Umwelt

Bestand der wilden Kamele in Australien reduziert

Die Zahl der wild lebenden Kamele in Australien ist in den vergangenen Jahren um eine Viertelmillion zurückgegangen. Während die Population bis vor vier Jahren noch auf circa eine Million Tiere geschätzt wurde, seien es heute rund 250 000 weniger, sagte der Experte Jan Ferguson. Es handle sich aber immer noch um die grösste Population der Welt. Als Gründe für den Rückgang nannte Ferguson, der das Projekt Ninti One zur Kontrolle des Kamelbestandes leitet, eine jahrelange Dürre, bessere Überwachungstechniken und den gezielten Abschuss der Tiere. Die Kamele waren im 19. Jahrhundert von Siedlern als Packtiere nach Australien gebracht worden und haben sich teilweise zu einer wahren Plage entwickelt. Im kargen australischen Outback konkurrieren sie mit heimischen Tierarten um Nahrung und Wasservorräte. *(SDA/AFP)*

Raumfahrt

Erste amerikanische Frau im Weltall ist gestorben

Die erste amerikanische Frau im All ist tot: Sally Ride starb am Montag im Alter von 61 Jahren an Bauchspeicheldrüsenkrebs. Dies teilte das von ihr gegründete Unternehmen Sally Ride Science in San Diego mit. 1983 war Ride an Bord der US-Raumfähre Challenger ins Weltall geflogen. Zuvor hatte sie sich mit 8000 anderen Personen auf eine Zeitungsanzeige beworben, mit der die US-Raumfahrtbehörde Nasa Astronauten suchte. 1984 flog Ride ein zweites Mal ins All, 1987 zog sie sich aus der Arbeit für die Nasa zurück und arbeitete danach unter anderem als Professorin für Physik an der Universität von San Diego. 2001 gründete sie ihr Unternehmen Sally Ride Science, das Lehrmittel für Kinder über das Weltall anbietet. *(SDA/DPA)*