KOSMOLOGIE

Hungrige Sonnenfresser

Im Herzen von fast jeder Galaxie stoßen Astrophysiker auf ein Schwarzes Loch. Auch in der Milchstraße verbirgt sich eine Schwerkraftfalle; jede Woche verschlingt sie die Masse der Erde. Waren die kosmischen Monster einst die Geburtshelfer von Sterneninseln?

Nachts wird es niemals dunkel. Am Himmel wabert ein rotglühender Nebel. Die leuchtenden Schwaden überstrahlen sogar die hellsten Sterne.

So unheimlich erschiene das Weltall, wenn der Mensch es mit Röntgenaugen sehen könnte. Gleichmäßig aus allen Richtungen prasselt die harte Strahlung auf die Erde. Seit langem grübeln die Astronomen, wie das Bombardement zustande kommt. Entsteht es im Innern ultraheißer Gaswolken? Oder wird es bei der Explosion von altersschwachen Sonnen freigesetzt?

„Es war eine knifflige Detektivarbeit“, berichtet Günther Hasinger, Direktor am Astrophysikalischen Institut Potsdam, der mit einem internationalen Team die Hintergrundstrahlung untersucht hat. „Aber wir haben das Rätsel gelöst.“

Den neuen Messungen zufolge stammt das kosmische Schummerlicht von einem Feuerwerk der Vernichtung: Es entsteht, wenn Staub, Gas und ganze Sonnen von Gravitationskräften zermalmt werden. Hasinger: „Was uns als Röntgenstrahlung erreicht, sind die Todesschreie von Materie – kurz bevor diese verspeist wird.“

Als Vielfraße im Weltall haben Hasinger und sein Team die massivsten aller astronomischen Himmelskörper identifiziert: die geheimnisumwitterten Schwarzen Löcher. Ihr Schwerefeld ist so gewaltig, daß sie, monströsen Staubsaugern gleich, ganze Sonnensysteme an sich ziehen und für immer verschlingen. Nicht einmal Lichtstrahlen lassen die Schwerkraftfallen aus ihrem düsteren Schlund entrinnen – deshalb ist das Innere der Schwarzen Löcher auch vollkommen unsichtbar.

Auf die Spur dieser Nimmersatte brachte die Himmelsforscher der deutsche Röntgensatellit Rosat, der seit fast acht Jahren um die Erde kreist. Um herauszufinden, was sich hinter der Röntgenstrahlung aus den Tiefen des Raums verbirgt, richteten die Astrophysiker den Spezialspiegel von Rosat einen ganzen Monat lang auf einen Ausschnitt des Himmels. „Je länger wir die Kamera draufhielten, desto mehr löste sich der Röntgennebel in einzelne Lichtquellen auf“, berichtet Hasinger. „Wir konnten die Übeltäter ermitteln.“

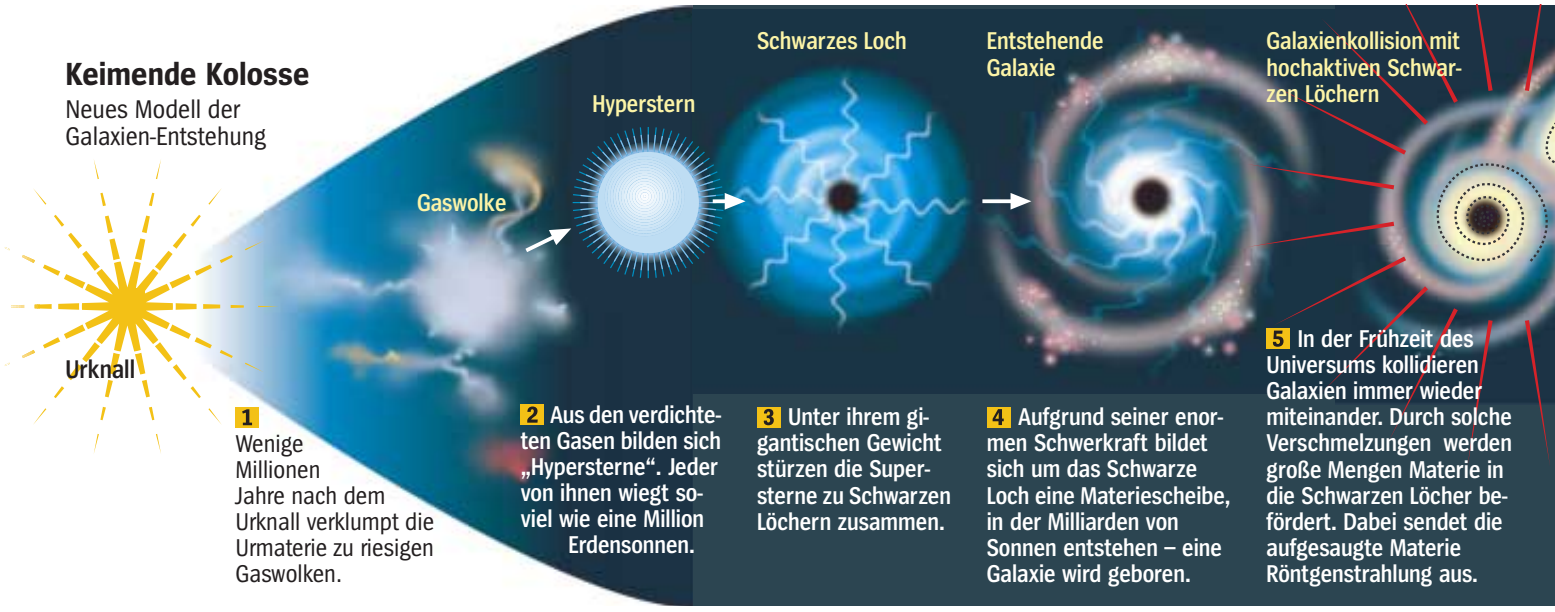
Als sie diese Objekte dann mit dem Keck-Spiegelteleskop auf Hawaii näher untersuchten, erlebten die Forscher eine Überraschung. „Welche der verdächtigen Lichtquellen wir uns auch vorknöpften“, erzählt Hasinger, „stets stießen wir auf irrsinnig helle Leuchtfeuer, die im Innern weit entfernter Galaxien loderten.“

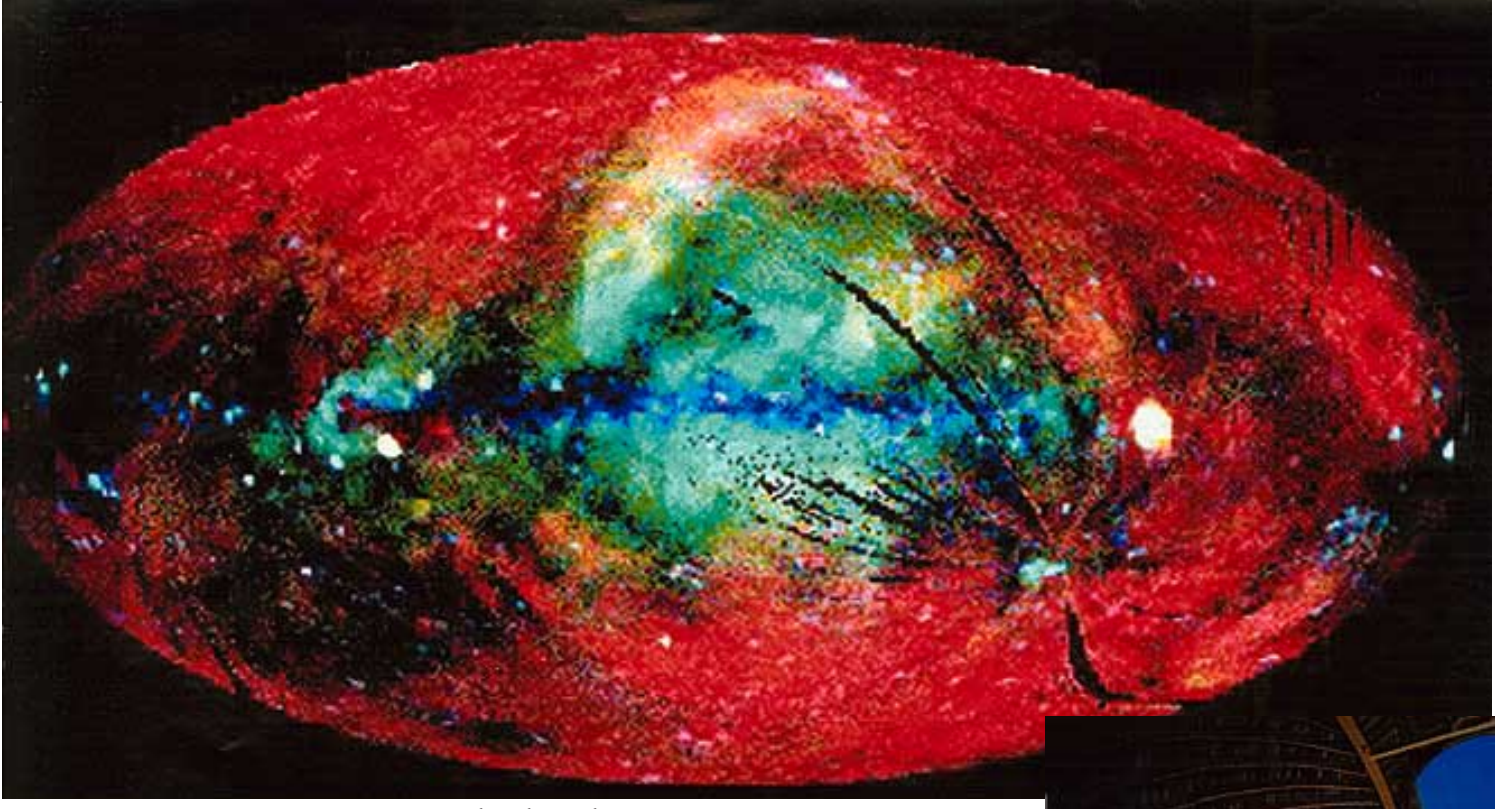
Auf dem Raumgebiet von der Größe eines Sonnensystems erzeugen diese Energieschleudern soviel Strahlung wie Hunderte von Galaxien mit jeweils vielen Milliarden von Sternen zusammengenommen. „Nur ein Schwarzes Loch beim Fressen“, folgert Hasinger, „kann auf derart engem Raum eine so phänomenale Leuchtkraft entfachen.“

Aus seiner Umgebung saugt ein solches Schwerkraftmonster gewaltige Mengen Gas und Staub an, in jeder Minute die Masse der Erde. Ehe die Materie aber für immer in seinem Schlund verschwindet, wirbelt diese – ähnlich wie Badewannenwasser um das Abflußloch – spiralförmig darum herum. Schneller und schneller rast der Materiestrom auf das Schwarze Loch zu und wird, weil die Partikel immer stärker aneinander reiben, auf viele Millionen Grad Celsius aufgeheizt. „Bis zu zehn Prozent der Materie verglühen so zu Energie. Dabei wird das von uns gemessene Röntgenlicht abgestrahlt“, erläutert Hasinger.

Heutzutage treiben nur noch äußerst wenige dieser kosmischen Vampire ihr Unwesen. Fast alle Röntgenspuren, welche die Sternenfresser beim Mahl hinterlassen, stammen aus einer fernen Vergangenheit. Im Durchschnitt weit über zehn Milliarden Jahre waren die Todessignale unterwegs, ehe sie von Rosat aufgefangen wurden.

„In der Frühzeit des Universums“, so ergibt sich für Hasinger aus den Satellitendaten, „hockte in fast jeder jungen Ga-





Röntgenbild des Nachthimmels*: *„Todesschreie der Materie“*



N. MICHALKE

Astrophysiker Hasinger
„Wir haben die Übeltäter gestellt“

laxie ein riesiges Schwarzes Loch und schlug sich die Wampe voll.“

Diese Entdeckung hat weitreichende Konsequenzen. In einer aktuellen Untersuchung, Ende vorletzter Woche in den „Astronomischen Nachrichten“ erschienen, hat der Brandenburger Forscher jetzt noch einmal im Detail ausgewertet, wann das große Fressen seinen Höhepunkt erreichte. Das Ergebnis: Lange bevor die meisten Sonnen zündeten, waren die supermassiven Schwarzen Löcher bereits gierig dabei, Materie an sich zu reißen. Sind die Schwerkraftmonster folglich schon kurz nach dem Urknall entstanden, noch ehe die ersten Sterne geboren wurden?

„Vieles spricht inzwischen dafür, daß supermassive Schwarze Löcher die Keime waren, aus denen später Galaxien mit ihren Milliarden von Sonnen hervorgingen“, resümiert Hasinger.

Sollte sich diese aufregende neue Sichtweise bewahrheiten, käme das einem „Paradigmenwechsel“ (Hasinger) gleich. Bislang waren die Himmelsforscher davon überzeugt, daß die Urmaterie zunächst zu kleineren kugelförmigen Gaswolken verklumpte, aus denen jeweils bis zu eine Million einzelner Sterne gebacken wurden. Einige Jahrmilliarden dauerte es, so das Standardmodell, bis diese ersten Sonnen ausgebrannt waren. Frühestens dann hätten die Sternenkadaver nach und nach unter dem Druck ihrer eigenen Schwerkraft zu unendlich hoch verdichteten Materieklumpen zusammenstürzen können, den sagenhaften Schwarzen Löchern.

Doch so langsam kann es wohl nicht abgelaufen sein. „Die Schwarzen Löcher waren viel früher da, als es nach diesem Modell möglich wäre“, sagt Hasinger.

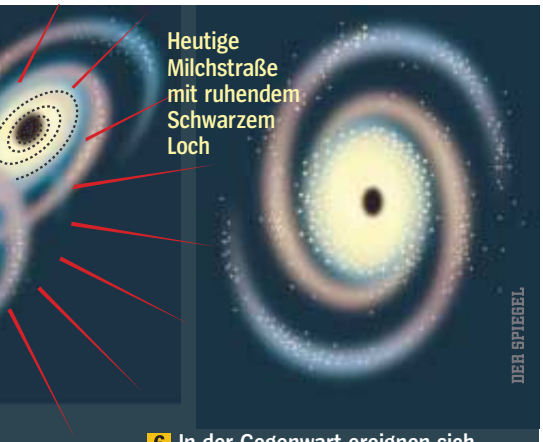
Einige Astrophysiker halten daher ein weit dramatischeres Geschehen für wahrscheinlicher: Die vom Urknall stammende Plasmasuppe, so ihr neues Szenario, ballte sich direkt zu bizarren „Hypersternen“ zusammen. Jeder dieser Riesen wog einemillionmal mehr als die Erdensonne.

Wegen ihrer ungeheuren Größe waren die Supersonnen nicht allzu stabil. Noch während ihr innerer Brennofen zündete, fielen die Giganten schon wieder in sich zusammen und wandelten sich in riesige Schwarze Löcher um – die ersten großen Bausteine im Kosmos.

Dunkelheit herrschte in dieser frühen Epoche. Für eine ganze Weile waren die Schwarzen Löcher die einzigen Himmelskörper im ganzen Universum. Aufgrund ihrer enormen Schwerkraft zogen sie allmählich die übrige Urmaterie an sich heran. Licht durchdrang den düsteren Kosmos erst, als aus den Nebelschwaden dann gewöhnliche Sterne entstanden. So formten sich um die Schwarzen Löcher herum rotierende Scheiben aus Sonnen und Planeten – Galaxien wie unsere Milchstraße.

In den Herzen der noch jungen Welteninseln, so das von Computersimulationen gestützte Modell, wucherten die Schwerkraftmonster weiter wie galaktische Geschwüre. Doch schon bald hatten sie alle Materie aus der näheren Umgebung aufgefuttert. Nur noch selten stürzten Sterne in die Gravitationsfallen.

Zunächst erhielten die Unersättlichen aber immer wieder Nachschub. Denn das Universum, das sich seit dem Urknall unablässig weiter ausdehnt, war vor zehn Milliarden Jahren noch achtmal kleiner als heute. Die Galaxien lagen deshalb viel enger beieinander. So passierte es damals knapp hundertmal häufiger als heute, daß zwei der Sternenhaufen zusammenstießen und miteinander verschmolzen. „Erst durch solche kannibalistischen Vereinigungen“, sagt Hasinger, „sind die Galaxien



6 In der Gegenwart ereignen sich kaum noch Galaxiencrashs. Die Schwarzen Löcher, etwa das im Zentrum der Milchstraße, verschlingen deshalb nur geringe Mengen Materie und sind weitgehend ruhiggestellt.

* Aufgenommen mit dem Röntgensatelliten Rosat.



NASA

Kollision von Galaxien*: *Gedrängel im frühen Universum*

zu immer größeren Gebilden herangewachsen."

Da die Sonnen durch gewaltige Leerräume voneinander getrennt sind, kollidierten bei einem solchen Galaxien-Crash zwar so gut wie nie die einzelnen Sterne. Der Staub und die Gasmassen zwischen den Gestirnen jedoch wurden durcheinandergewirbelt und mit hoher Geschwindigkeit ins Gravitationszentrum geschleudert: Das Ungeheuer wurde gefüttert. Aus dieser wilden Zeit stammen die meisten der von Rosat registrierten Freß-Signale.

Doch nach Art eines Luftballons, der unaufhörlich aufgeblasen wird, hat sich der Kosmos seither immer weiter ausgedehnt. Die Abstände zwischen den Galaxien haben zugenommen; inzwischen kollidieren Sterneninseln nur noch selten. Die fettgefressenen Schwarzen Löcher müssen deshalb fast ohne Nahrung auskommen. „Heutzutage hungern die Ungeheuer", sagt Hasinger, „aber sie sind immer noch unter uns."

Tatsächlich melden die Astrophysiker fast wöchentlich Beweise, daß in den Herzen fast aller Galaxien auch heute riesige Sternenschlucker schlummern und auf neue Beute warten. Zudem haben die Himmelsforscher einen bemerkenswerten Zusammenhang entdeckt: Je mehr Materie ein Sternensystem enthält, desto mehr wiegt auch das Schwarze Loch in seinem Zentrum. „Das kann kein Zufall sein", meint Hasinger, „sondern deutet ebenfalls darauf hin, daß die Schwarzen Löcher eine entscheidende Rolle bei der Galaxien-Geburt gespielt haben."

Weil die Schwerkraftmonster fast nirgendwo mehr beim Sternenschmaus zu beobachten sind, müssen die Forscher ihnen indirekt auf die Schliche kommen. Ein Durchbruch gelang dem Amerikaner James Moran und dem Japaner Makoto Miyoshi. Mit einem Netz von Radioteleskopen haben die beiden Wissenschaftler die 20 Millionen Lichtjahre entfernte Spiralgalaxie NGC 4258 abgetastet. Um das dunkle Zentrum dieser Sterneninsel, so ergaben die Messungen, wirbelt mit knapp vier Millionen Stundenkilometern ein Ring aus Gas- und Staubwolken. Aus der extrem hohen Geschwindigkeit der Materiescheibe konnten die Forscher ableiten, daß im Galaxienkern 36 Millionen Sonnenmassen stecken müssen.

Eine derartige Massenkonzentration läßt sich nach Ansicht der meisten Astrophysiker nur durch die Anwesenheit eines supermassiven Schwarzen Loches erklären. Theoretisch könnte hinter dem Staubschleier zwar auch ein Haufen aus 36 Millionen einzelnen Sonnen verborgen sein. Doch diese wären auf so engem Raum gedrängt, daß sie längst aufeinander zugestürzt und zu einem Schwarzen Loch verschmolzen wären.

Seit Jahrmilliarden ist das Monster in der Milchstraße auf Diät gesetzt

Lange Zeit war umstritten, ob es die düsteren Todesinseln im All wirklich gibt. Doch die Schwarzen Löcher sind eine unausweichliche Konsequenz aus der Allgemeinen Relativitätstheorie. Albert Einstein hatte in seinem Jahrhundertwerk postuliert, daß jeder massetragende Körper den umliegenden Raum und die Zeit verformt. Wird zuviel Masse an einem Ort konzentriert, so kommt es zum Kollaps: Druck und Hitze schnellen ins Unendliche, Raum und Zeit verbiegen sich immer stärker und schnurren schließlich auf einen einzigen Punkt zusammen – ein Schwarzes Loch wird geboren. Im Innern eines solchen Gebildes sind die bekannten Naturgesetze außer Kraft gesetzt; sogar die Zeit selbst bleibt stehen.

Inzwischen scheint sich, was lange als seltenes Kuriosum galt, als Normalfall zu entpuppen. In über 30 Galaxien haben die Astrophysiker mittlerweile nach Schwarzen Löchern gefahndet; fast immer wurden sie fündig.

Am bisher genauesten hat Reinhard Genzel vom Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik in Garching ein Schwarzes Loch vermessen: Der Astrophysiker hat jenen Sternenfresser entlarvt, der sich im Mittelpunkt unserer eigenen Galaxie, der Milchstraße, eingenistet hat. Alle 100 Milliarden Sterne, einschließlich der Erdensonne, drehen sich um ihn herum.

Von der Erde aus, deren Sonne sich im Außenbezirk der Milchstraße befindet, blicken die Menschen allerdings nur auf den Rand der eigenen galaktischen Scheibe: zu sehen als ein Lichtband, das sich über den gesamten Himmel zieht. Der direkte Blick auf das 26100 Lichtjahre entfernte Zentrum der Galaxie, das im Sternbild Schütze liegt, ist durch dichte Schwaden aus Gas und Staub versperrt.

Anders als sichtbares Licht wird Wärmestrahlung von den Hindernissen aber nicht verschluckt. Astrophysiker Genzel setzte deshalb eine neuartige Infrarotkamera ein, um den Staubvorhang zu lüften. An der Europäischen Südsternwarte in Chile gelang ihm auf diese Weise, exakt zu vermessen, wie schnell sich die Sterne in der Nähe des Milchstraßenkerns bewegen.

Aus ihren Umlaufgeschwindigkeiten von mehr als 1000 Kilometern in der Sekunde hat Genzel errechnet, wie schwer und wie groß der Zentralkörper sein muß, der das Sternenkarussell antreibt: In einem Raum, kleiner als das Sonnensystem, ballt sich die Masse von 2,6 Millionen Sonnen.

Das Schwerkraftmonster, das Genzel so dingfest gemacht hat, ist seit einigen Jahrmilliarden auf Diät gesetzt. Gegenwärtig stopft es – für seine Verhältnisse – nur noch geringe Portionen Staub und Gas in seinen Blähbauch. Pro Woche nimmt das Schwarze Loch höchstens um das Gewicht der Erde zu.

Aber die Fastenzeit geht irgendwann auch wieder zu Ende. Mit über 400000 Stundenkilometern, und immer noch schneller werdend, rast eine fremde Welteninsel auf die Milchstraße zu: die benachbarte Andromeda-Galaxie.

In etwa fünf Milliarden Jahren wird es zum Zusammenstoß der beiden Galaxien kommen. Gewaltige Materieströme werden dann ins Zentrum der Milchstraße dringen – und das unsichtbare Raubtier zu neuem Leben erwecken. ◆

* Aufnahme des Hubble-Weltraumteleskops.