

Ein Tanz von Schwarzen Löchern

Ein Tanz von Schwarzen Löchern
 Man nimmt an, dass die meisten großen Galaxien im Universum mindestens ein massereiches Schwarzes Loch in ihrem Zentrum aufweisen. Zwei Schwarze Löcher in ihrem Inneren sind der eindeutige Beweis dafür, dass eine Galaxie durch die Verschmelzung ("merger") von zwei Galaxien entstanden ist. Das Aufspüren von Systemen mit jeweils zwei supermassereichen schwarzen Löchern gibt somit den Astronomen Erkenntnisse darüber, wie die Galaxien im Universum sich zu ihrem heutigen Erscheinungsbild in Ausdehnung und Gestalt entwickelt haben.
 Bis heute konnten nur eine Handvoll Kandidaten für Paare von supermassereichen Schwarzen Löchern gefunden werden, die in den Zentren von Galaxien in geringem Abstand umeinander rotieren. Bisher war das ausschließlich in aktiven Galaxienkernen der Fall, in denen die Schwarzen Löcher ständig Gaswolken auseinanderreißen, bevor sie vollständig im Zentralobjekt verschwinden.
 Im Gefolge dieses Akkretionsprozesses wird das Gas soweit aufgeheizt, dass es in zahlreichen Wellenlängenbereichen bis hin zur energiereichen Röntgenstrahlung aufleuchtet. Das führt zu einem ungewöhnlich leuchtkräftigen Zentralbereich dieser Galaxien, die man auch als "aktive Galaxien" oder "aktive Galaxienkerne" (Active Galactic Nuclei, AGN) bezeichnet. Die neue Entdeckung, über die Fukun Liu von der Peking-Universität in China und seine Kollegen berichten, ist deswegen so wichtig, weil hier zum ersten mal ein Paar von supermassereichen Schwarzen Löchern in einer nicht aktiven Galaxie gefunden wurde.
 "Es könnte eine ganzen Population von nicht aktiven Galaxien geben, die binäre Schwarze Löcher in ihren Zentren aufweisen, sagt Stefanie Komossa vom Max-Planck-Institut für Radioastronomie in Bonn, Ko-Autorin der Veröffentlichung. Aber der Nachweis ist eine sehr schwierige Aufgabe, da hier keine Gaswolken zur regelmäßigen "Fütterung" der Schwarzen Löcher beitragen und die Kernbereiche dieser Galaxien somit dunkel bleiben. Damit bleibt den Astronomen nur eine einzige Hoffnung, diese Schwarzen Löcher nachzuweisen. Sie müssen im richtigen Moment auf die richtige Stelle schauen, und zwar gerade dann, wenn eines dieser Schwarzen Löcher aktiv wird, indem es einen Stern auseinanderreißt, der ihm zu nahe gekommen ist. Einen solchen Vorgang bezeichnet man als "Tidal Disruption Event" (Zerreißen des Sterns durch Gezeitenkräfte) und im Zuge dieses Ereignisses erfolgt ein starker Ausbruch von Röntgenstrahlung.
 In einer aktiven Galaxie wird das zentrale schwarze Loch kontinuierlich durch Gaswolken gefüttert. In einer ruhigen Galaxie erfolgt hingegen die Aufnahme von Materie nur sporadisch durch ganze Sterne, die der Zentralquelle zu nahe kommen. Ein solcher Vorgang tritt nur unregelmäßig auf und ist unmöglich vorherzusagen. Um die Chancen zu erhöhen, ein derartiges Ereignis nun doch aufzuspüren, nutzen die Forscher den Röntgensatelliten XMM-Newton der Europäischen Raumfahrtagentur ESA auf neuartige Weise.
 Normalerweise nimmt das Röntgenobservatorium Daten von vorgegebenen Positionen am Himmel auf, und zwar jeweils nur eine pro Zeitintervall. Sobald eine Beobachtung abgeschlossen ist, schwenkt das Teleskop zur nächsten Position. Der Trick ist nun, dass während der Schwenkbewegung die Instrumente des Röntgensatelliten eingeschaltet bleiben und weiter aufzeichnen. Auf diese Weise wird eine große Anzahl von zufällig verteilten Positionen am Himmel erfasst und diese Daten können in Bezug auf bisher unbekannte oder unerwartete Quellen von Röntgenstrahlung am Himmel analysiert werden.
 Am 10. Juni 2010 wurde von XMM-Newton ein solches Ereignis in Richtung der Galaxie SDSS J120136.02+300305.5, in ca. zwei Milliarden Lichtjahren Entfernung aufgezeichnet. Stefanie Komossa und ihre Kollegen hatten die Röntgendaten speziell auf derartige Vorgänge untersucht und waren in der Lage, Nachfolgebeobachtungen der Röntgenstrahlung dieser Galaxie mit den Satelliten XMM-Newton (ESA) und Swift (NASA) binnen weniger Tage anzusetzen.
 Von der Galaxie wurde immer noch Röntgenstrahlung abgegeben. Die Beobachtungen stimmten zunächst voll mit dem erwarteten Erscheinungsbild für das Auseinanderreißen eines Sterns durch ein extrem massereiches Schwarzes Loch überein. Bei der Aufzeichnung der langsam schwächer werdenden Röntgenstrahlung nach einigen Tagen erfolgte aber etwas Überraschendes.
 Das Röntgensignal fiel zwischen den Tagen 27 und 48 nach der Entdeckung plötzlich unter die Nachweisgrenze. Dann wurde es wieder sichtbar und folgte weiterhin einer erwarteten Abschwächung, als ob nichts geschehen wäre.
 Aufgrund der Arbeit von Fukun Liu und Kollegen kann ein solches Verhalten erklärt werden. "Es ist genau das, was wir von einem Paar sich umkreisender supermassereicher Schwarzer Löcher erwarten würden, sagt Liu.
 Liu hat Modellrechnungen von Paaren von Schwarzen Löchern durchgeführt, die genau vorhersagen, dass die Röntgenstrahlung plötzlich verlischt und wenig später wieder messbar wird. Der Grund dafür ist, dass die Gravitation von einem der Schwarzen Löcher den Materiefluss auf das andere unterbricht und damit zeitweise die Brennstoffversorgung für den Ausbruch von Röntgenstrahlung aufhebt. Nach seinen Rechnungen gibt es zwei mögliche Konfigurationen, die das beobachtete Verhalten der Röntgenstrahlung von J120136 erklären könnten.
 In der ersten Konfiguration wird ein Schwarzes Loch von 10 Millionen Sonnenmassen von einem zweiten mit einer Million Sonnenmassen auf einer elliptischen Bahn umkreist. In der zweiten Lösung sind die Massen von beiden Schwarzen Löchern um jeweils einen Faktor 10 geringer, und ihre Bahn ist kreisförmig. In beiden Fällen ist es ein ziemlich enger Abstand: nur 0,6 Milliparsec oder 17 Lichtstunden. Das entspricht gerade mal der Ausdehnung unseres Sonnensystems (oder dem derzeitigen Abstand der Raumsonde Voyager 1 von der Erde).
 Bei diesem geringen Abstand ist das Schicksal des neuentdeckten Paares von Schwarzen Löchern klar vorherbestimmt. Sie werden ihre Umlaufenergie allmählich abstrahlen und sich so auf einer spiralförmigen Bahn immer weiter annähern, bis sie schließlich in ca. zwei Millionen Jahren zu einem einzigen Schwarzen Loch verschmelzen.
 Nach dem Aufspüren des ersten Kandidaten für ein binäres Schwarzes Loch in einer nicht-aktiven Galaxie ist die Suche nach weiteren Ereignissen dieser Art in vollem Gange. Die systematischen XMM-Newton-Beobachtungen während der Schwenks werden fortgesetzt. Und mit dem ersten Erfolg wird auch das Interesse für ein Netzwerk von Röntgenteleskopen zur Suche nach solchen Ereignissen am ganzen Himmel angespornt.
 "Mit tausenden von solchen Ereignissen werden wir in der Lage sein, verlässliche statistische Aussagen darüber abzuleiten, in welcher Rate Galaxien miteinander verschmelzen", erwartet Stefanie Komossa.
 Wenn Schwarze Löcher miteinander verschmelzen, wird die Freisetzung einer gewaltigen Energiemenge erwartet, die überwiegend nicht in elektromagnetischer Strahlung folgt. "Die Verschmelzung zweier Schwarzer Löcher dürfte die stärkste Quelle für Gravitationswellen im ganzen Universum darstellen", sagt Fukun Liu.
 "Der innovative Ansatz mit Beobachtungen während der Schwenks von XMM-Newton hat die Entdeckung dieses Systems mit zwei supermassereichen Schwarzen Löchern erst möglich gemacht, schließt Norbert Scharrel, XMM-Newton Projekt-Wissenschaftler bei der ESA. "Es zeigt die wichtige Rolle von langlebigen Weltraumobservatorien bei der Entdeckung von derart seltenen Ereignissen, die vielleicht einen neuen Forschungsbereich in der Astronomie eröffnen."
 Originalveröffentlichung: A milli-parsec supermassive black hole binary candidate in the galaxy SDSS J120136.02+300305.5, by F.K. Liu, Shuo Li, and S. Komossa, veröffentlicht in: 2014, Astrophysical Journal, Volume 786, Article 103 (May 10). DOI:10.1088/0004-637X/786/2/103. arXiv:1404.4933 [astro-ph.HE]
 Kontakt: Dr. Stefanie Komossa, Max-Planck-Institut für Radioastronomie, Fon: +49(0)228-525-431 E-mail: skomossa@mpifr-bonn.mpg.de
 Dr. Norbert Scharrel, ESA XMM-Newton Projektwissenschaftler, Europäische Raumfahrtagentur (ESA), Fon: +34-91-8131-184 E-Mail: Norbert.Scharrel@esa.int
 Dr. Norbert Junkes, Presse- und Öffentlichkeitsarbeit, Max-Planck-Institut für Radioastronomie, Fon: +49(0)228-525-399 E-mail: njunkes@mpifr-bonn.mpg.de
 Hintergrundinformationen
 Gravitationswellen: Gravitationswellen stellen eine Art Kräuseln in der Struktur der Raumzeit dar. Zur Zeit arbeiten weltweit Forschungsgruppen daran, neuartige Observatorien zum Nachweis von Gravitationswellen aufzubauen. Auch die europäische Raumfahrtagentur ESA ist daran beteiligt, dieses neue Fenster zum Universum zu eröffnen. Im Jahr 2015 wird der "LISA Pathfinder" zum Test der Technologie für weltraumgebundene Gravitationswellendetektoren gestartet, und die Suche nach Gravitationswellen ist auch das Thema für die nächste große Wissenschaftsmission der ESA, die L3-Mission im Cosmic-Visions-Programm.
 XMM-Newton: Der Röntgensatellit XMM-Newton, der europäischen Raumfahrtagentur (ESA) wurde im Dezember 1999 gestartet. Es ist der größte bis jetzt in Europa gebaute Wissenschaftssatellit mit insgesamt 170 extrem dünnen ineinander verschachtelten zylindrischen Spiegeln, die insgesamt drei sehr empfindliche Röntgenteleskope bilden. Diese Spiegel gehören zu den leistungsfähigsten ihrer Art. Der Orbit des Satelliten um die Erde trägt ihn bis fast ein Drittel der Entfernung zum Mond hinaus; dadurch werden lange Beobachtungen von einzelnen Himmelsobjekten ohne Unterbrechung möglich.
 Sloan Digital Sky Survey: Der Name der Galaxie, SDSS J120136.02+300305.5, geht auf den "Sloan Digital Sky Survey (SDSS) zurück, einen spektroskopischen Katalog von Rotverschiebungen von Galaxien, der nahezu ein Viertel des Himmels abdeckt. Die Rotverschiebung dieser Galaxie beträgt $z = 0.146$, das entspricht einer Entfernung von ungefähr zwei Milliarden Lichtjahren. Die Galaxie liegt in Richtung des Sternbilds "Ursa Major" (mit dem "Großen Wagen" als bekanntestem Teilbereich).

Pressekontakt

Max-Planck-Institut für Radioastronomie

53121 Bonn (Endenich)

skomossa@mpifr-bonn.mpg.de

Firmenkontakt

Max-Planck-Institut für Radioastronomie

53121 Bonn (Endenich)

skomossa@mpifr-bonn.mpg.de

Hauptarbeitsgebiete sind die Radio- und Infrarot-Astronomie. Die technologischen Entwicklungen im Institut umspannen den gesamten Beobachtungsbereich. Die theoretische Astrophysik ist ein weiteres Arbeitsgebiet. Die Erforschung der Physik von Sternen, Galaxien und des Universums beinhaltet als Schwerpunkte die Sternentstehung, junge stellare Objekte, Sterne in späten Entwicklungsstadien, Pulsare, das interstellare Medium der Milchstraße und externer Galaxien, das galaktische Zentrum und seine Umgebung, Magnetfelder im Universum, Radiogalaxien, Quasare und andere aktive Galaxien, Staub und Gas in kosmologischen Entfernungen, Galaxien in den Frühphasen des Universums, die Kosmische Strahlung, Hochenergie-Teilchenphysik und die Theorie der Sternentwicklung und aktiver galaktischer Kerne.