

BLICK AUF EINEN KOSMISCHEN DONUT

TEXT: HELMUT HORNUNG

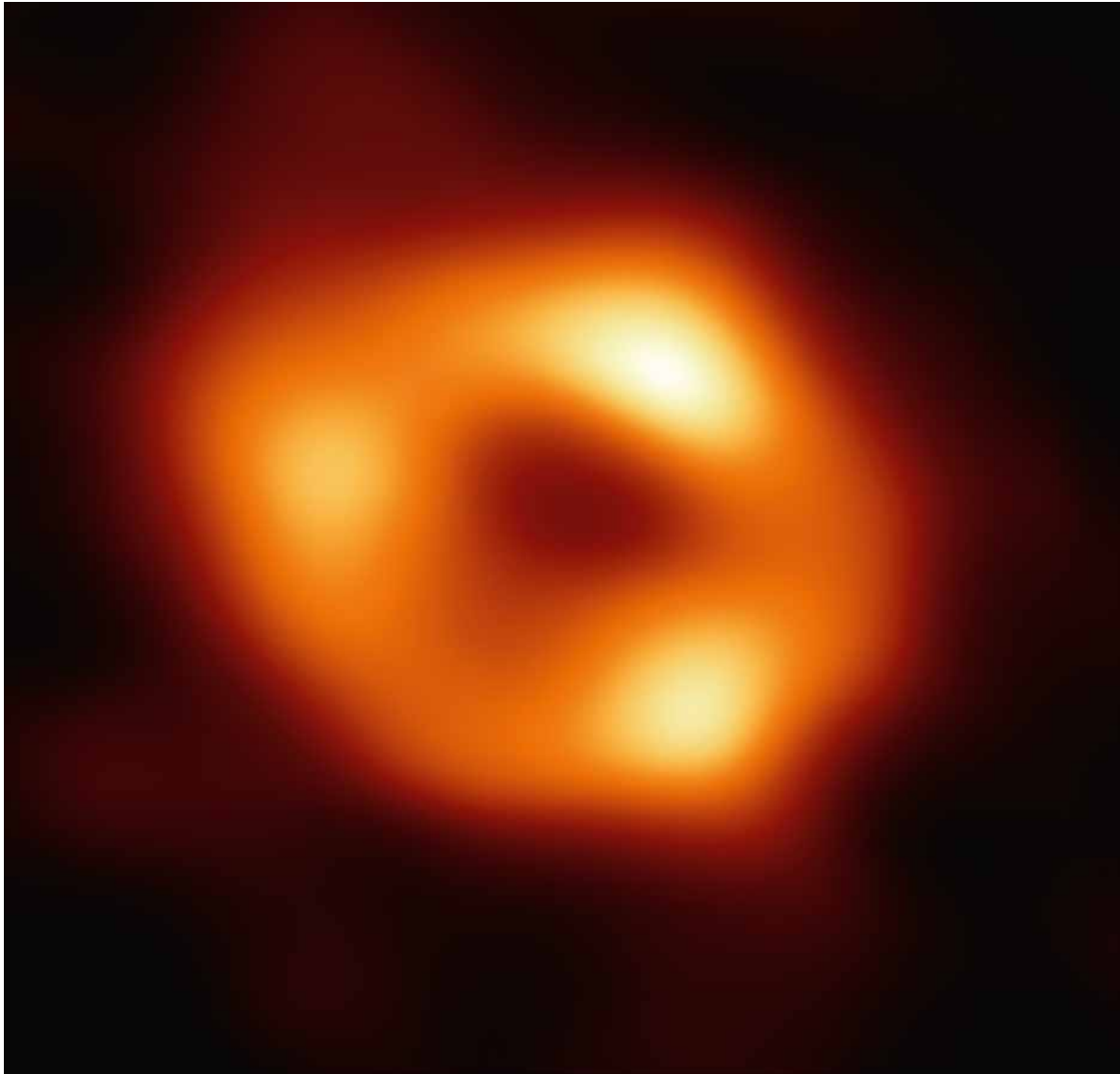


BILD: EHT-KOLLABORATION

80

Feuerring im All: Dies ist das erste Bild von Sagittarius A*, dem schwarzen Loch im Zentrum unserer Milchstraße. Gewonnen hat es das Event Horizon Telescope (EHT), zu dem auch das 12-Meter-Apex-Teleskop des Max-Planck-Instituts für Radioastronomie sowie die 30-Meter-Antenne des Institut de Radioastronomie Millimétrique (IRAM) gehören. Die Aufnahme ist eine Falschfarbendarstellung und zeigt den Schatten des schwarzen Lochs, der von einer hellen, ringförmigen Struktur aus wirbelndem Gas umgeben ist.

Es sitzt tief im Herzen der Milchstraße, ist 27 000 Lichtjahre von der Erde entfernt und ähnelt einem Donut: So präsentiert sich das schwarze Loch im Zentrum unserer Galaxis auf dem Bild, das Forschende mit dem Event Horizon Telescope (EHT) gewonnen haben.

Schon seit mehr als drei Jahrzehnten nehmen Astronominen und Astronomen das Zentrum der Milchstraße unter die Lupe und beobachten beispielsweise Sterne, welche um ein unsichtbares, kompaktes und sehr massereiches Etwas kreisen. Für diese Arbeiten wurden Andrea Ghez von der University of California sowie Reinhard Genzel vom Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik im Jahr 2020 mit dem Nobelpreis ausgezeichnet.

Was die Forschenden mit ihren präzisen Messungen herausgefunden hatten, hat sich jetzt bestätigt: „Unsere Entdeckung zeigt, dass das Objekt im galaktischen Zentrum tatsächlich ein schwarzes Loch sein muss“, erklärt Anton Zensus, Direktor am Max-Planck-Institut für Radioastronomie und Gründungsvorsitzender des EHT-Aufsichtsrats. Das Bild liefere den ersten direkten visuellen Beweis dafür.

Das schwarze Loch selbst ist auf der Aufnahme zwar nicht zu sehen, weil es naturgemäß keine Strahlung aussendet. Doch zeigt das glühende Gas, das um diese kosmische Schwarzkraftfalle herumwirbelt, eine verräterische Signatur – eine dunkle zentrale Region („Schatten“), die von einem hellen Ring umgeben ist. Dessen Licht wird durch die immense Gravitation gleichsam gebeugt.

Der Schatten besitzt den rund zweieinhalbfachen Durchmesser des sogenannten Ereignishorizonts – der Grenze des schwarzen Lochs, jenseits

derer kein Licht mehr entweichen kann. Er erscheint am Himmel unter einem Radius von zehn millionstel Bogensekunden – so groß wie eine Ein-Euro-Münze auf dem Mond. Damit durchmisst das galaktische schwarze Loch in Natur etwa 24 Millionen Kilometer.

Um das Massemonster abzubilden, wurden acht um den halben Globus verteilte Radioobservatorien zu einem einzigen virtuellen Teleskop von Erdgröße verbunden. Mit dieser Interferometrie genannten Methode beobachteten die Forschenden während mehrerer Nächte im April 2017 das dunkle Herz der Milchstraße, das die Bezeichnung Sagittarius A* trägt. Bei einer Wellenlänge von 1,3 Millimetern sammelten die einzelnen Antennen über viele Stunden hinweg Daten. Zwei Hochleistungsrechner – einer am Max-Planck-Institut für Radioastronomie, der andere am US-amerikanischen Haystack Observatory – werteten diese aus.

Die aktuelle Beobachtung folgt auf die bereits im Jahr 2019 veröffentlichte erste Aufnahme eines schwarzen Lochs (M 87*) im Zentrum der Galaxie Messier 87. Dass sich die Bilder der beiden Objekte gleichen, mag erstaunen: M 87* liegt nämlich ungefähr 2000-fach weiter von uns entfernt als Sagittarius A*. Allerdings besitzt das schwarze Loch in der fernen Galaxie deutlich mehr Masse und damit einen 1500-fach größeren Durchmesser als jenes in unserer Milchstraße. Deshalb erscheinen die beiden Abbilder am irdischen Firmament unter einem ähnlichen Winkel.

Bei Sagittarius A* war die Datenauswertung schwieriger als bei M 87*. Zwar strudelt das Gas praktisch mit derselben Geschwindigkeit um jedes der beiden schwarzen Löcher – fast so schnell wie das Licht. Doch während es Wochen braucht, um M 87* zu umrunden, sind es bei Sagittarius A*

nur wenige Minuten. Deshalb änderten sich Helligkeit und Struktur des Feuerrings während der Beobachtungen sehr rasch, was das Foto „verwackelte“. Die Lösung: Das Bild ist keine Momentaufnahme, sondern der Mittelwert aus Hunderten von Bildern, die an zwei Tagen im April 2017 am Event Horizon Telescope gewonnen wurden. Dass wir uns mit der Erde in der galaktischen Ebene befinden und heißes Gas mit geladenen Teilchen und Magnetfeldern in der Sichtlinie „herumtanzt“, erschwerte die Datenanalyse zusätzlich.

Beobachtungen bestätigen das Modell

Anhand der Aufnahme von Sagittarius A* lassen sich Modelle darüber testen, wie sich Schwerkraft und Materie in der Umgebung von solchen Massemonstern verhalten. „Dank vorhergehender Messungen wie denen von Reinhard Genzel kennen wir sowohl die Entfernung als auch die Masse des schwarzen Lochs sehr genau“, sagt Michael Kramer, Direktor am Max-Planck-Institut für Radioastronomie und einer der Leiter des europäischen Black-Hole-Cam-Projekts innerhalb des Event Horizon Telescope. Aus diesem Grund habe man die erwartete Schattengröße berechnen können.

„Der vom EHT-Team ermittelte Wert stimmt mit dem Modell eines schwarzen Lochs mit der Masse von vier Millionen Sonnen überein, wie sie meine Gruppe bestimmt hat“, sagt denn auch Max-Planck-Direktor Genzel, der die Arbeit seiner Kolleginnen und Kollegen als „wunderbare Bestätigung unserer Beobachtungen“ sieht. In Zukunft gehe es darum herauszufinden, wie schnell das schwarze Loch rotiert. Und auch die Neigung der Rotationsebene sei noch unsicher.

81

