



UNSICHTBARE GIGANTEN

Mit dem Projekt GRAVITY+ will Reinhard Genzel der Schwerkraftfalle in unserer Galaxie auf die Spur kommen. Sein Versuchslabor hat er ins Zentrum der Milchstraße verlegt.

JULIA HOF

↳ Max-Planck-Förderstiftung,
München
089/2302260-33
jh@maxplanckfoundation.org

Die Faszination des Unbekannten übt einen besonders großen Reiz auf uns Menschen aus – auch auf Professor Reinhard Genzel vom Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik. Der weltweit renommierte Astrophysiker erforscht bereits seit über 25 Jahren die Königsdisziplin der modernen Astronomie: Schwarze Löcher.

Schwer vorstellbar, aber in ihrer Natur liegt es, dass man sie nicht sehen kann, weil alles hinter dem Ereignishorizont (der Grenze eines Schwarzen Lochs) nicht sichtbar ist. Das Problem löst Genzel, indem er die Randbereiche eines Schwarzen Lochs beobachtet. Dort kann u.a. die Gravitationsrotverschiebung untersucht und gemessen werden.

Die vier Teleskope auf dem 2.635 m hohen Cerro Paranal in Chile sind das Herzstück des modernsten Observatoriums der Welt.



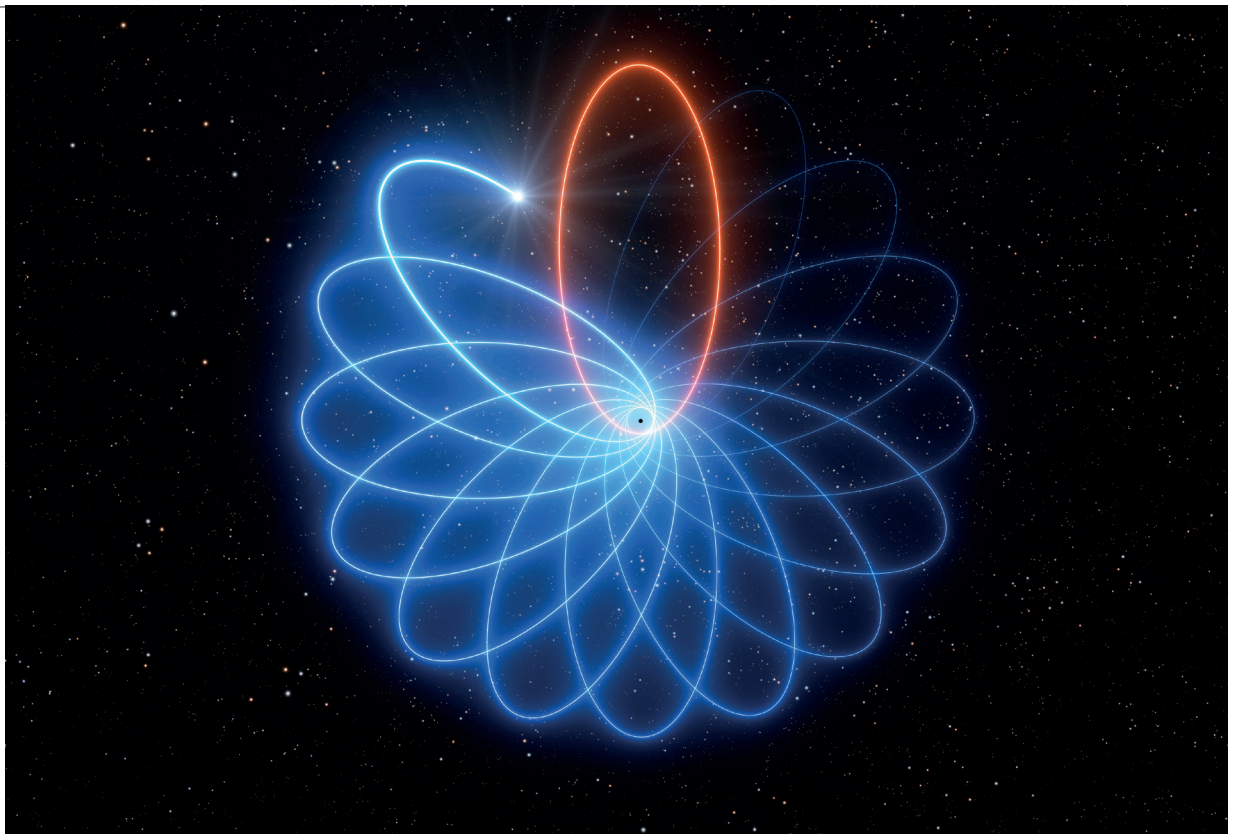
GRAVITY: OPTIK DER SUPERLATIVE

Das Schwarze Loch im Zentrum unserer Galaxie ist dafür ein ideales Versuchslabor. Inmitten der Milchstraße gelegen, ist uns kein derart schweres Schwarzes Loch näher, mit einer Masse von 4 Millionen Sonnen. Doch weil diese monströs klingende Masse immer noch 26.000 Lichtjahre von der Erde entfernt ist, benötigt Reinhard Genzel einen Sichtverstärker.

Hierfür werden vier Teleskope des „Very Large Telescope“ (VLT) in der chilenischen Atacamawüste auf dasselbe Objekt gerichtet. Deren Licht wird mittels des Interferometers „Gravity“ vereint. Mit einem virtuellen Durchmesser von 130 m erhält man hochauflösende Bildinformationen, die so präzise sind, dass man damit von der Erde aus eine 1-Euro-Münze auf dem Mond betrachten könnte. Um die eingefangenen Lichtwellen dann übersetzen zu können, hat Genzels Gruppe das Instrument „Gravity“ entwickelt, das die beobachteten Lichtwellen in Bilddaten umwandelt.

WAS FEHLT?

GRAVITY+ ist die Fortentwicklung dieses erfolgreichen Projekts und kostet rund 22 Mio. Euro. Der größte Anteil kann über eigene Forschungsmittel finanziert werden, aber es fehlen noch 4,7 Mio. Euro, um es umzusetzen. Hier sind wir auf Förderer angewiesen, die dieses visionäre Projekt mit uns vorantreiben.



Beobachtungen haben erstmals gezeigt, dass sich ein Stern, der das Schwarze Loch im Zentrum der Milchstraße umkreist, genauso bewegt, wie es die allgemeine Relativitätstheorie von Einstein vorhersagt.

Das Instrument Gravity und das VLT haben die optische Interferometrie mit bahnbrechenden Erkenntnissen über das galaktische Zentrum, aktive galaktische Kerne und Exoplaneten verändert.

Genzel hat etwas erreicht, wofür ihn die wissenschaftliche Gemeinschaft beneidet: Ihm gelang es, die Bewegung von Sternen auf den Bahnen um das Schwarze Loch exakt zu verfolgen und die Gravitationsrotverschiebung zu messen – eine so großartige Entdeckung, dass er dafür mit dem Nobelpreis für Physik 2020 ausgezeichnet wurde.

Neues Kapitel in der Astronomie

Das nun geplante Upgrade auf GRAVITY+ ist eine konsequente Weiterentwicklung. Weil es 1.000-fach empfindlicher und genauer ist, übertrifft es alle bisherigen Interferometersysteme und ist damit das weltweit größte und schärfste System im Infrarotbereich. Die Bildschärfe ist dabei so präzise, dass es Himmelsaufnahmen mit einer Winkelauflösung von tausendstel Bogensekunden ermöglicht. Dadurch werden auch schwächere Objekte über einen größeren Himmelsbereich sichtbar und es werden z.B. direkte Massenbestimmungen der Schwarzen Löcher möglich. Damit schreibt das Projekt GRAVITY+ ein neues Kapitel in der Astronomie.

SPENDENKONTO

↳ Max-Planck-Förderstiftung,
Deutsche Bank, IBAN
DE46 7007 0010 0195 3306 00
Stichwort: Gravity

ANSPRUCHSVOLLE ZIELE

Zunächst sollen weitere Aspekte von Einsteins Relativitätstheorie bestätigt oder widerlegt werden. Viele der vor über 100 Jahren gemachten theoretischen Vorhersagen konnten bereits bestätigt werden, aber einiges muss noch experimentell bewiesen werden. Insbesondere will Reinhard Genzel klären, ob sich Schwarze Löcher tatsächlich nur durch Masse und Rotation definieren.

Des Weiteren soll bestätigt oder widerlegt werden, dass Quasare supermassereiche Schwarze Löcher sind. Auch soll erforscht werden, wie sich der Kosmos über die Jahrmilliarden entwickelt hat, denn durch die präziseren Instrumente wird es möglich, weit in die Vergangenheit und damit in die kosmische Morgendämmerung unseres Universums zurückzureisen. Zudem sollen weitere Exoplaneten in unserem Universum entdeckt und beobachtet werden.

FÖRDERBEDARF

Der Großteil des 22 Mio. Euro teuren Projekts GRAVITY+ wird vom Institut getragen, weitere Mittel stammen aus dem zentralen Haushalt der Max-Planck-Gesellschaft sowie von beteiligten Projektpartnern. Dennoch besteht ein Förderbedarf von 4,7 Mio. Euro.

Wir als Max-Planck-Förderstiftung unterstützen diese weltweit einzigartige Pionierarbeit in der Astronomie. Wir sind aber auf weitere Förderer angewiesen. Sie können mit Ihrer Spende dazu beitragen, die Tiefen unserer Galaxie zu erkunden. Lassen Sie uns den unsichtbaren Giganten im Zentrum unserer Milchstraße gemeinsam sichtbar machen – sprechen Sie uns an!

EINSTEIN UND DER GEKRÜMMTE RAUM

Mit seiner Beschreibung der Gravitation in der Allgemeinen Relativitätstheorie hat Albert Einstein den Grundstein für unser Verständnis von Raum und Zeit gelegt. Seine Theorie wurde in den schwachen Schwerefeldern von Sonne und Erde in vielen Experimenten eindrucksvoll bestätigt. Deren Anwendung, etwa in den heute eingesetzten Navigationssystemen, bringt ganz konkreten Nutzen für uns alle.

100 Jahre alte Theorie wird experimentell belegt.

Die Effekte der Gravitation sind verblüffend: Die Zeit vergeht langsamer, der Raum wird gekrümmt und in Schwarzen Löchern werden ganze Raumregionen unumstößlich von der Umgebung abgetrennt. Bereits mit der Präzision und Empfindlichkeit von Gravity und dem ebenfalls am Institut entwickelten Spektrometer „Sinfoni“ gelang es, den Effekt der Gravitationsrotverschiebung erstmals für ein massereiches Schwarzes Loch direkt zu messen und damit Einsteins Allgemeinen Relativitätstheorie zu bestätigen. Damit ist ein Schwarzes Loch für die Entschlüsselung des Alls in etwa das, was der Stein von Rosetta für die Entschlüsselung der Hieroglyphen war.

S2, EIN SUIZIDGEFÄHRDETER STERN

Im Herzen der Milchstraße kreisen die Sterne um das Massemonster, ähnlich wie die Planeten im Schwerefeld unserer Sonne. Seit mehr als 25 Jahren verfolgt Genzel die Bewegung dieser Sterne.

Insbesondere ein Stern – genannt S2 – nähert sich wie ein Komet alle 16 Jahre dem Schwarzen Loch bis auf die für ihn fast bedrohliche Nähe von 17 Lichtstunden, was umgerechnet nur dem 120-fachen Abstand zwischen Sonne und Erde entspricht. Die Anziehungskraft des Schwarzen Lochs beschleunigt den Stern dabei auf ein Tempo von 27 Millionen Kilometern pro Stunde.

GRAVITATIONSROTVERSCHIEBUNG

Ein galaktisches Schwarzes Loch offenbart sich zuallererst durch seine ungeheure Schwerkraft. Da Schwarze Löcher unsichtbar sind, konzentriert man sich auf die Randbereiche, wo die Gravitationsrotverschiebung untersucht und gemessen wird.

Aufgrund der geringen Distanz von S2 zum Schwarzen Loch kommt es zu einer Art Dopplereffekt, der sich in der Gravitationsrotverschiebung im Licht des Sterns zeigen sollte. Dabei handelt es sich um eine Verschiebung von Lichtwellen in den Infrarotbereich. Der Effekt wird durch die starke, vorherrschende Anziehungskraft in Schwarzen Löchern hervorgerufen: Lichtteilchen erleiden einen Verlust von Strahlungsenergie, wenn sie dem anziehenden Gravitationsfeld nahekommen. Einen ähnlichen Effekt kennen wir, wenn die Tonhöhe des Martinshorns eines vorbeifahrenden Rettungswagens an- und abschwilt, was einer Wellenverschiebung vom kurz- in den langwelligen Bereich entspricht. Diesen Effekt gibt es auch bei Lichtwellen, Blau- oder eben Rotverschiebung genannt. Im Gravitationsfeld tritt eine Rotverschiebung auf, wenn sich Licht dort bewegt und gewissermaßen gegen die Schwerkraft ankämpft. Deshalb werden Schwarze Löcher auch gerne Schwerkraftfallen genannt.

Kosmischer Bienen-schwarm: Sternenbahnen nahe dem supermassereichen Schwarzen Loch im Herzen der Milchstraße.



Infrarot- und Submillimeter-Astronomie

REINHARD GENZEL

↳ Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik, Garching

Das Forschungsgebiet von Reinhard Genzels Abteilung am Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik sind Galaxienkerne und wie sich Galaxien und Sterne entwickeln.

Der Name „extraterrestrische Physik“ klingt zunächst nach einem sehr weiten Feld, doch setzt Prof. Dr. Reinhard Genzel gezielte Schwerpunkte: Seine Gruppe untersucht die Schlüsselfragen der Existenz und Entstehung von Schwarzen Löchern in Galaxienkernen, die Energiequelle und Entwicklung der (ultra)leuchtkräftigen Infrarotgalaxien, die Gasdynamik und Gasversorgung aktiver galaktischer Kerne, die Eigenschaften und Entwicklung von Starburstgalaxien und der Sternentstehungsgebiete in ihnen, sowie das Wechselspiel des dichten interstellaren Gases mit Strahlung, Winden und Ausflüssen.

„Nur die einzigartige Struktur von Max-Planck ermöglicht es mir, Projekte dieser Größe, mit derart langfristigem Horizont und dieser Freiheit zu verfolgen – für mich als Wissenschaftler ein Geschenk.“



Die Untersuchungen des lokalen Universums werden dabei kombiniert mit Beobachtungen von Galaxien bei hoher Rotverschiebung, mit dem Ziel, ein besseres Verständnis für die Entwicklung von Galaxien, ihrer Kinematik, Sternentstehung und Aktivität im Kern zu bekommen.

Natürlich wäre Genzels Forschung nicht möglich, ohne die im Institut von den einzelnen Projektgruppen gebauten Instrumente für Observatorien auf der Erde, in der Luft und im Weltraum. Nur so können die wenigen wissenschaftliche Schlüsselfragen auf breiter Front bearbeitet werden, verteilt über den ganzen Infrarot-, Submillimeter- und Millimeter-Wellenbereich (1 Tausendstel mm bis wenige mm).

Anstatt statistischer Untersuchungen versuchen die Forschenden in vielen Fällen, ein detailliertes physikalisches Verständnis einiger weniger repräsentativer Quellen zu erzielen. Für diesen Zweck sind hochaufgelöste Aufnahmen ihre wichtigsten Werkzeuge. Genzel und sein Forschungsteam verstehen sich dabei als eine Experimentalphysikgruppe, organisiert in Teams und Schlüsselprojekte.

Für seine bahnbrechende Forschung über Schwarze Löcher erhielt Reinhard Genzel den Nobelpreis für Physik.

HERAUSGEBER

Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaft e.V.
Hofgartenstr. 8, D-80539 München

KONTAKT

Stabsreferat Private Forschungsförderung
Generalverwaltung der Max-Planck-Gesellschaft, München

FOTONACHWEIS

S. 1: Cerro Paranal © M. Claro/ESO | S. 2: Rosette im All © ESO/L. Calçada | S. 3: Galaktischer
Bienenschwarm © ESO/L. Calçada/spaceengine.org | S. 4: Reinhard Genzel © MPI/Jansky

September 2020