

Schwarze Löcher und Gravitationswellen

Black holes and gravitational waves



Image credit: EHT Collaboration

Erstes Bild eines Schwarzen Lochs

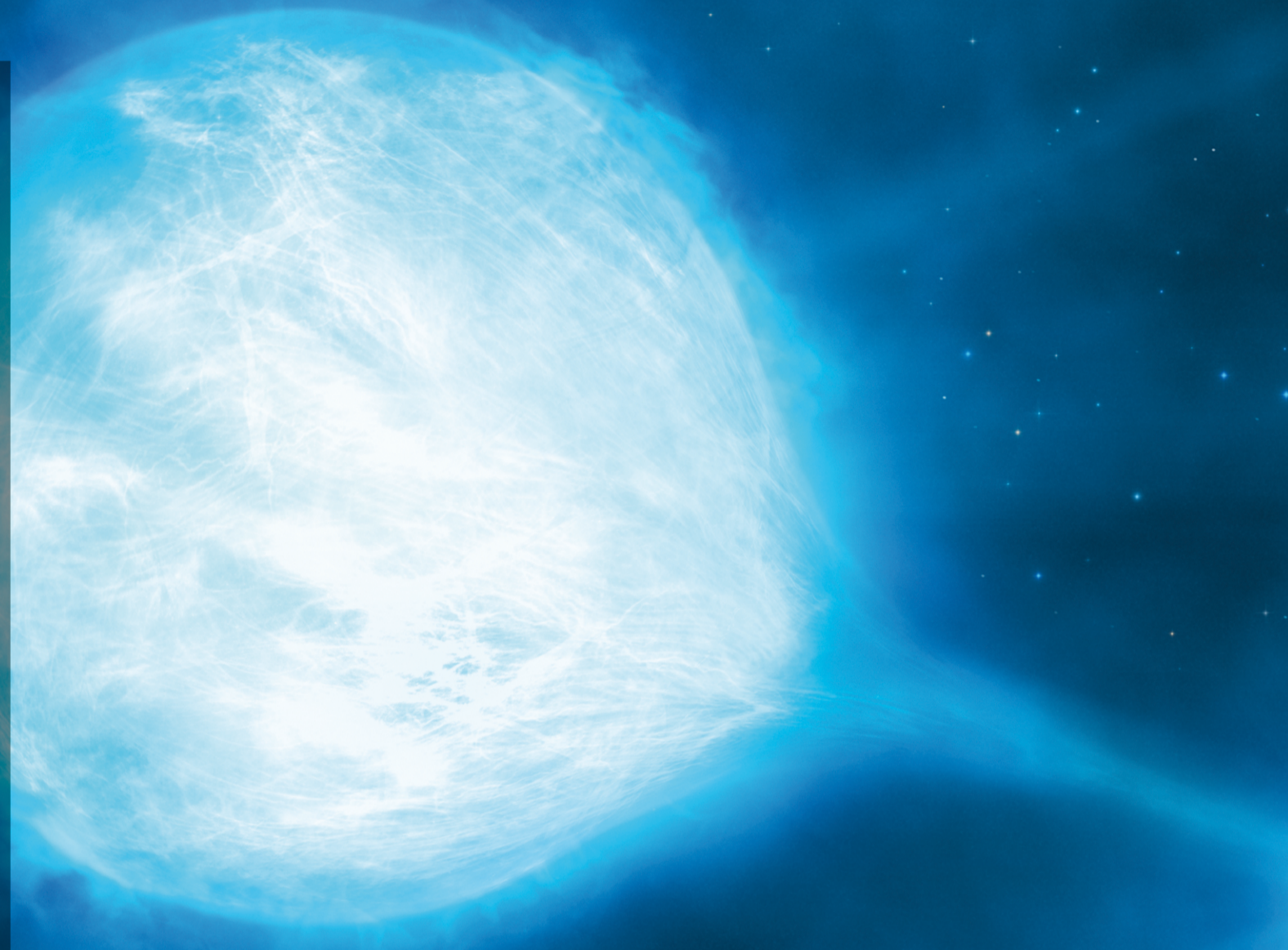
Normalerweise ist es unmöglich, schwarze Löcher zu fotografieren, weil ihnen aufgrund ihrer hohen Anziehungskraft selbst Licht nicht entkommen kann. Durch den Zusammenschluss von acht Radioteleskopen, dem sogenannten «Event Horizon Telescope», gelang es Wissenschaftlern 2019 jedoch erstmals, im Zentrum der Galaxie M87 den Schatten eines Schwarzen Lochs zu fotografieren. Dieser entsteht durch die Strahlung des verzerrten Lichts, wenn es unwiderruflich im Schwarzen Loch verschwindet.

An der Aufnahme waren mehr als 200 Astronomen von 13 Instituten beteiligt. Sie kombinierten die Signale der acht Teleskope und stimmten sie mithilfe von Atomuhren exakt aufeinander ab. Das so entstehende virtuelle Teleskop hat eine Auflösung, die einer zweimillionenfachen Vergrößerung entspricht.

First image of a Black Hole

Normally, it is impossible to take pictures of black holes because even light cannot escape them due to their high gravitational pull. However, by combining eight radio telescopes, the so-called «Event Horizon Telescope», scientists succeeded in 2019 for the first time in photographing the shadow of a black hole in the centre of the galaxy M87. This is created by the radiation of the distorted light when it irrevocably disappears into the black hole.

More than 200 astronomers from 13 institutes were involved in capturing the image. They combined the signals from the eight telescopes and tuned them exactly to each other with the help of atomic clocks. The resulting virtual telescope has a resolution equivalent to two million times magnification.



Schwarze Löcher verschlucken Materie und Licht

Die Gravitation eines Schwarzen Lochs ist derart stark, dass selbst Licht nicht mehr entweichen kann – dadurch lassen sich diese Objekte niemals direkt beobachten. Schwarze Löcher saugen Materie aus ihrer Umgebung auf und werden so noch schwerer. Damit vergrössert sich ihr Einflussbereich. Die gesamte Masse eines Schwarzen Lochs konzentriert sich in einem einzigen Punkt mit unendlich hoher Dichte und unendlich starkem Gravitationsfeld, einer sogenannten Singularität.

Durch ihre starke Gravitation krümmen Schwarze Löcher den Raum um sich herum. Daher verlaufen Lichtstrahlen in ihrer Umgebung nicht mehr geradlinig, sondern sie werden gebogen. Je grösser die Anziehungskraft eines Objekts, desto grösser auch der Ablenkeffekt – bis die Lichtstrahlen bei einem Schwarzen Loch auf eine Kreisbahn gezwungen werden und dieses nicht mehr verlassen können.

Die Ablenkung der Strahlen nennt man Gravitationslinseneffekt. Liegt ein Schwarzes Loch vor einem Objekt, das wir am Nachthimmel beobachten, so kann diese Gravitationslinse die Ausbreitungsrichtung des Lichtes ändern, sodass die Position der Quelle am Himmel verschoben erscheint, und das Objekt verstärkt, verzerrt oder sogar vervielfältigt zu sehen ist.

Das grosse Hintergrundbild zeigt eine künstlerische Darstellung eines Schwarzen Lochs in der Spiralgalaxie NGC 300. Das Schwarze Loch hat eine Masse, die etwa zwanzigmal so gross ist wie die der Sonne.

Black holes swallow matter and light

The gravity of a black hole is so strong that even light can no longer escape – this means that these objects can never be observed directly. Black holes suck up matter from their surroundings and thus become even heavier. This increases their sphere of influence. The entire mass of a black hole is concentrated in a single point with an infinitely high density and an infinitely strong gravitational field, a so-called singularity.

Due to their strong gravitation, black holes bend the space around them. Therefore, light rays in their vicinity no longer run in a straight line, but are bent. The greater the gravitational pull of an object, the greater the deflection effect – until, in the case of a black hole, the light rays are forced into a circular path and can no longer leave it.

The deflection of the rays is called the gravitational lensing effect. If a black hole lies in front of an object that we observe in the night sky, this gravitational lensing can change the direction of the light's propagation so that the position of the source in the sky appears shifted and the object can be seen amplified, distorted or even multiplied.

The large background image shows an artist's impression of a black hole in the spiral galaxy NGC 300. The black hole has a mass of about twenty times the mass of the Sun.

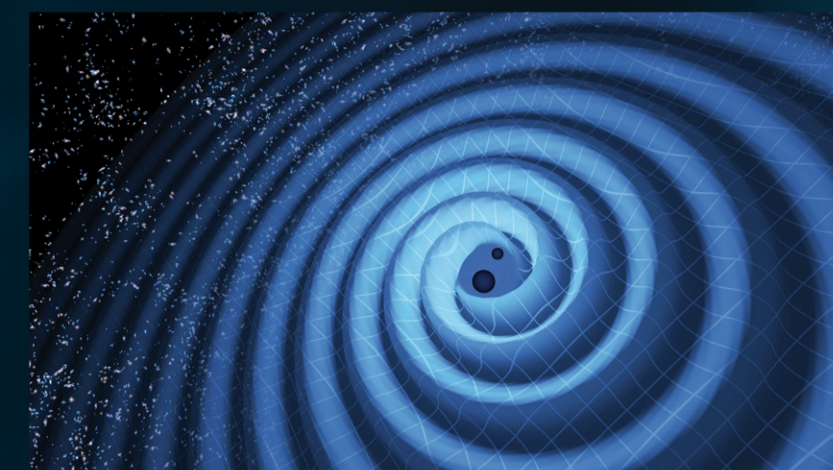


Image credit: LIGO Team

Gravitationswellen – Einstein hatte recht!

Etwa hundert Jahre nachdem Albert Einstein sie in seiner Allgemeinen Relativitätstheorie vorhergesagt hat, gelang es dem internationalen LIGO-Konsortium, den direkten Nachweis von Gravitationswellen zu erbringen. Nach Einstein sollten diese durch grosse kosmische Ereignisse entstehen, wie zum Beispiel die Explosion von Sternen oder die Kollision von Schwarzen Löchern.

Und so war es auch: Im September 2015 zeichneten die Detektoren des LIGO-Observatoriums ein schwaches Signal auf, das offenbar von zwei verschmelzenden Schwarzen Löchern in 1,3 Milliarden Lichtjahren Entfernung zur Erde ausging. Für diese Entdeckung erhielten die drei massgeblich beteiligten Wissenschaftler Rainer Weiss, Barry C. Barish und Kip S. Thorne 2017 den Nobelpreis für Physik.

Gravitational waves – Einstein was right!

About a hundred years after Albert Einstein predicted them in his general theory of relativity, the international LIGO consortium succeeded in providing direct evidence of gravitational waves. According to Einstein, these should be created by large cosmic events, such as the explosion of stars or the collision of black holes.

And so it happened: In September 2015, the detectors of the LIGO observatory registered a weak signal that apparently emanated from two merging black holes at a distance of 1.3 billion light years from Earth. For this discovery, the three scientists significantly involved, Rainer Weiss, Barry C. Barish and Kip S. Thorne, received the Nobel Prize in Physics in 2017.

QR-Code scannen und
eintauchen in die Welt
der Schwarzen Löcher.
Scan the QR code and
dive into the world of
black holes.



COSMIC
SWISS SPACE MUSEUM
VOYAGE