

# Gravitationswellen

Als Einstein 1916 seine neue Theorie der Gravitation vorgestellt hatte, die allgemeine Relativitätstheorie, wurde ihm bald klar, dass aus seiner Theorie die Existenz von Gravitationswellen folgt: Bewegungen von Massen in der Raumzeit führen zu wellenförmigen Änderungen der Raumzeit selbst, die sich in winzigen Krümmungsänderungen äußern: sie stauchen und strecken die Raumzeit quer zu ihrer Ausbreitungsrichtung.

# Gravitationswellen

Der erste, noch indirekte, Nachweis von Gravitationswellen gelang 1974 durch Beobachtung eines Systems zweier Neutronensterne, von denen einer ein Pulsar ist.

Die Pulse eines Pulsars kommen zeitlich mit einer Regelmäßigkeit wie bei den besten Atomuhren. Weil die Pulse des Pulsars PSR B1913+16 sich mit einer Periode von 7 h 45 min ändern, haben Russell Hulse und Joseph Taylor gefolgert, dass es sich um ein Doppelsystem zweier Neutronensterne handelt, die sich innerhalb dieser Zeit einmal umkreisen.

# Gravitationswellen

Beide Neutronensterne haben eine Masse von etwa 1,4 Sonnenmassen, sind etwa 21000 Lichtjahre von uns entfernt, und umkreisen einander in einem Abstand von etwa 2 Millionen km. Russell Hulse und Joseph Taylor zeigten, dass die Frequenz des Pulsars kürzer wurde: pro Sekunde wird die Frequenz um  $2 \cdot 10^{-12}$  Sekunden kleiner!

# Gravitationswellen

Dass die Frequenz abnimmt liegt daran, dass dieses System so starke Gravitationswellen emittiert, dass der Energieverlust zu einem Absinken des Abstands der beiden Sterne führt. Dieser Energieverlust stimmt genau mit demjenigen überein, der nach der Relativitätstheorie mit Gravitationswellen abgeführt wird. In 25 Jahren hat sich die Abnahme auf insgesamt 30 Sekunden summiert.

Video

# Gravitationswellen

Der direkte Nachweis von Gravitationswellen gelang erst im September 2015, obwohl man schon seit Jahrzehnten mit immer genaueren Messungen versuchte, ihnen auf die Spur zu kommen.

Gassner

# Gravitationswellen

Inzwischen sind viele weitere Messungen hinzugekommen, und zwar ging es immer um das Verschmelzen von Neutronensternen und von schwarzen Löchern.

Kilonova

Gravitationswellen