

## Gravitationswellen

Die Schwerkraft wurde im 17. Jahrhundert von Isaac Newton als *Fernwirkung* angesehen und mathematisch beschrieben. Insbesondere ist die Gravitationskraft, die ein Körper auf einen anderen ausübt, proportional zum Quadrat des Kehrwertes ihres Abstandes. Ändert sich der Abstand, so ändert sich auch die Kraft, und zwar ohne Zeitverzögerung. Damit könnte im Prinzip eine Nachricht mit unendlicher Geschwindigkeit übertragen werden! Somit war seit dem Jahr 1905 klar, dass Newtons Theorie im Widerspruch zur Speziellen Relativitätstheorie stand.

Einsteins Alternative, die Allgemeine Relativitätstheorie, verstand die gravitative Wirkung eines Körpers auf einen anderen Körper in zwei Schritten: Einerseits verursacht eine Masse eine Veränderung der Geometrie der Raumzeit (die Raumzeit wird gekrümmt), andererseits bestimmt die Geometrie der Raumzeit die Bewegung eines Körpers.



Der LIGO-Detektor in Livingston, Louisiana

Quelle: <http://gravity.psu.edu/~sperhake/Research/GRGWaves/GRGwaves.html>

Beeinflusst von Maxwells erfolgreicher Beschreibung der elektromagnetischen Phänomene, verstand Einstein die Geometrie der Raumzeit als *Feld*, das sich mit einer endlichen Geschwindigkeit ausbreitet. Ähnlich den elektromagnetischen Wellen können sich auch geometrische Eigenschaften (wie die Krümmung) „ausbreiten“. Nach der Allgemeinen Relativitätstheorie tun sie das mit Lichtgeschwindigkeit. Wir können uns diese Wellen, Geometriewellen oder Gravitationswellen, in Analogie zur Ausbreitung einer Verformung in einem elastischen Medium vorstellen.

Gravitationswellen sollten immer dann entstehen, wenn Gravitationsfelder sich mit der Zeit ändern, so zum Beispiel beim Kollaps eines Sterns (d. h. bei der Entstehung eines Schwarzen Lochs) oder beim Zusammenstoß und der Verschmelzung zweier Schwarzer Löcher. Ein weniger spektakulärer Effekt besteht darin, dass zwei Massen, die umeinander kreisen, durch die Abstrahlung schwacher Gravitationswellen Energie verlieren und langsam (in einer Spiralbahn) aufeinander zufallen.

Die ersten indirekten Hinweise auf Gravitationswellen wurden von den amerikanischen Astronomen Joseph Taylor und Russell Hulse gefunden, die durch lange Beobachtungsreihen zeigen konnten, dass die Bahn des 1974 entdeckten Systems PSR 1913+16, das aus zwei einander umkreisenden Pulsaren besteht, langsam schrumpft. Taylor und Hulse bekamen im Jahr 1993 den Nobelpreis für ihre Arbeit.

Ein direkter Nachweis von Gravitationswellen steht noch aus. Zurzeit sind eine Reihe (erd- und satellitengestützter) Experimente in Vorbereitung oder sie sind kürzlich angelaufen. Sie beruhen alle auf dem gleichen Prinzip: Streicht eine Gravitationswelle in einem Raumgebiet zwischen zwei Objekten hindurch, so ändert sich deren *Abstand* (der eine geometrische Eigenschaft des Raumes dazwischen ist) periodisch, und zwar mit einer Frequenz, die jener der Welle entspricht. Die erwarteten Abstandsveränderungen sind jedoch sehr klein: Es müssen Änderungen in der Größenordnung von Bruchteilen von Atomdurchmessern auf vielen Kilometern Länge nachgewiesen werden! Erste Ergebnisse werden für die kommenden Jahre erwartet.