



# Gravitationswellen von kompakten Objekten

## Theoretische Astrophysik

Sebastian H. Völkel, Kostas D. Kokkotas

### Gravitationswellen

Schwarze Löcher und Neutronensterne sind faszinierende Objekte, welche sich nur im Rahmen der allgemeinen Relativitätstheorie vollständig beschreiben lassen. Durch ihre starke Krümmung der Raumzeit gibt es eine Vielzahl von interessanten Effekten, die man nicht auf der Erde untersuchen kann. Die Vorhersage von Gravitationswellen und deren revolutionärer Nachweis durch die Gravitationswellendetektoren LIGO und Virgo in den letzten zwei Jahren markieren den Beginn einer neuen Ära in der Astronomie und Astrophysik.

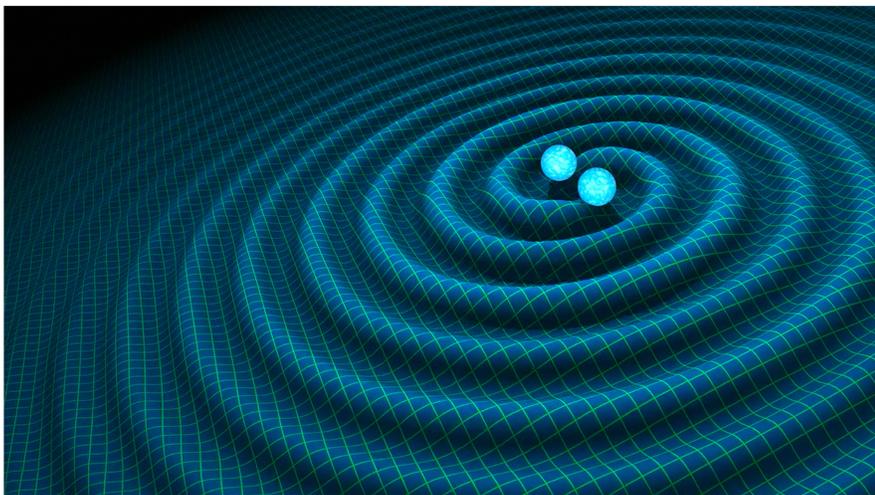


Abbildung 1: Gravitationswellen von zwei sich umkreisenden Neutronensternen.  
Quelle: R. Hurt/Caltech-JPL

Gravitationswellen gehören zu den wohl spektakulärsten Vorhersagen Einsteins allgemeiner Relativitätstheorie. Sie beschreiben Störungen der Raumzeit, die sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten. Da sie normalerweise extrem schwach sind, konnten sie erst kürzlich zum ersten Mal direkt gemessen werden. Dies ist nicht nur ein Meilenstein für die Gravitationsforschung (**Nobelpreis in Physik 2017**) sondern öffnet ein völlig neues Fenster um das Universum zu untersuchen. Gravitationswellen haben grundlegend andere Eigenschaften als elektromagnetische Wellen, die sonst überwiegend in der Astronomie und Astrophysik gemessen werden. Gravitationswellen entstehen durch die Beschleunigung großer Massen, wie bei der Verschmelzung von

Schwarzen Löchern oder Neutronensternen, und breiten sich nahezu ungehindert aus. Viele der heutigen fundamentalen Probleme wie dunkle Materie und dunkle Energie können somit auf eine neue Art und Weise erforscht werden.

### Musik der Raumzeit

Gravitationswellen haben viele interessante Eigenschaften. Eine davon ist, dass Gravitationswellen von kompakten Objekten sich ähnlich wie Schallwellen von einem Musikinstrument verhalten. Zupft man an einer Gitarrensaite, so hört man den Grundton sowie einige der dazugehörigen Obertöne. Diese klingen nach einigen Sekunden ab. Die jeweiligen Frequenzen und Abklingzeiten sind charakteristisch für die Saite, bzw. sagen aus um was für ein Instrument es sich handelt. Etwas ähnliches passiert, wenn man ein kompaktes Objekt „anschlägt“. Die dazugehörigen Gravitationswellen haben ebenfalls charakteristische Frequenzen und Abklingzeiten. Diese können genutzt werden um bestimmte Eigenschaften des Objekts zu untersuchen, z.B. ob es sich um ein Schwarzes Loch oder einen Neutronenstern handelt. Die Arbeit an diesem „inversen Problem“ ist Gegenstand unserer aktuellen Forschung.

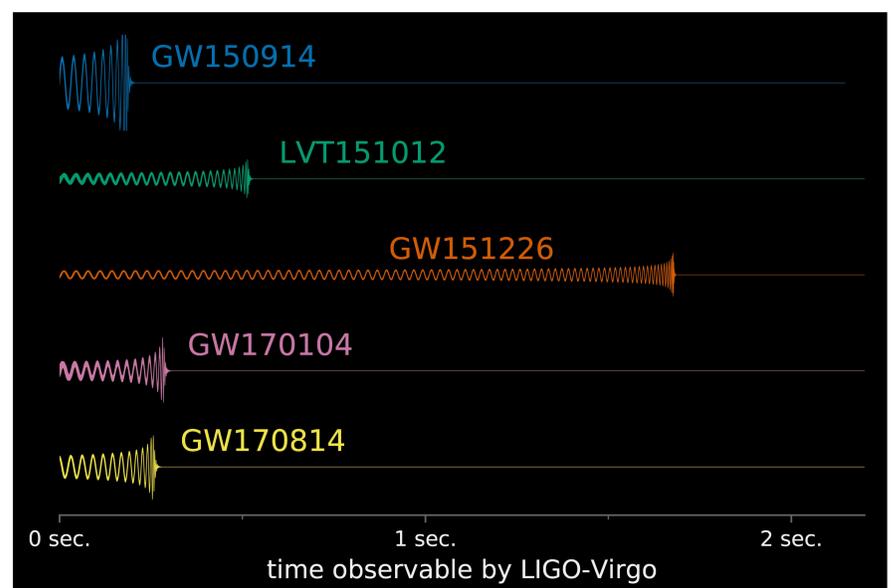


Abbildung 2: Die bisher gemessenen Gravitationswellensignale von verschmelzenden Schwarzen Löchern durch LIGO und Virgo.  
Quelle: LIGO/Caltech/MIT/LSC

