

GW150914, schwache Stelle der Datenverarbeitung

Walter Orlov, September 2016

Abstract. The data processing, which was used for GW150914, has a weak spot. The relativistic simulation curve of the two merging black holes has not been confirmed directly. This curve was first filtered, as well as measurement data. But the filtered curve can also have several other curves as source. Therefore, the relativistic version of the origin for the event GW150914 as the gravitational wave has actually not been confirmed.

Zu erstem Mal sollten die Gravitationswellen am 14.09.2015 von Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO) direkt registriert werden [1].

Das Ereignis bekam den Namen GW150914. Es handelt sich um ein ca. 0.2s-kurzes Signal. Eine passende Simulation numerischer Relativitätstheorie ergab, dass dessen Ursache eine Verschmelzung zweier Schwarzer Löcher in der Entfernung von 1.3 Milliarde Lichtjahren sein soll.

Laut [2] kann es sich nur um ein „echtes astrophysikalisches Ereignis“ handeln. Man spricht von einer Signifikanz von 5.1σ . Umgerechnet zu konkretem Fall der Detektoren-Aufzeichnungen heißt das, dass per Zufall so ein Ereignis nur einmal in 200 Tausend Jahren registriert werden kann.

Selbstverständlich bekommt man den Eindruck und so wird es auch gewollt, dass dieses Ereignis erst nach 200 Tausend Jahren auftreten kann. Das vermittelte Gefühl ist aber täuschend. Als zufällig kann ein Ereignis im allgemein schon gleich, schon in nächster Sekunde passieren, gleichgültig wie unwahrscheinlich es ist.

Die Signifikanz über 5σ gibt den Forschern quasi eine Versicherung, dass sie auf dem richtigen Weg sind. Doch das angewendete Datenverarbeitungsverfahren selbst hat eine Macke.

Die Webseite von LIGO Open Science Center (LOSC) [3] bietet gute Möglichkeit, die Messdaten des Ereignisses GW150914 nach allen Regeln an eigenem Computer zu analysieren.

Vor allem müssen die Rohdaten zuerst filtriert werden. In ursprünglicher Form weisen sie niederfrequente Schwingungen auf, die beinahe 1000 Mal stärker sind, als das Nutzsignal. Außerdem sind sie mit einem hochfrequenten Rippel belastet. Abbildung 1 zeigt am Beispiel von Aufzeichnungen des LIGO-Detektors in Hanford, wie schlimm die Lage anfangs ist und was schließlich verwendete Datenverarbeitung bringt.

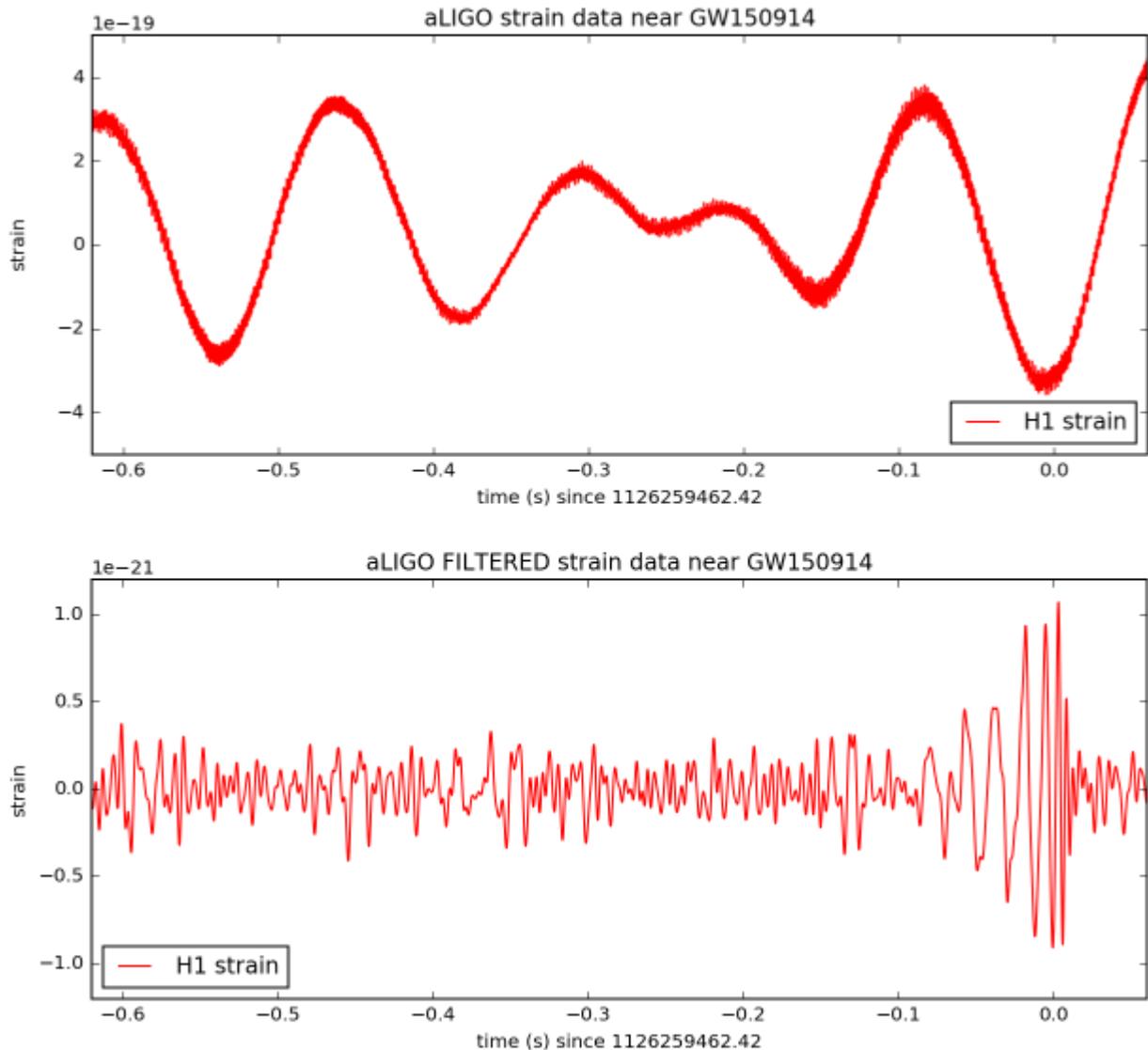


Abbildung 1. Rohmessdaten oben und gefilterte Messdaten unten.

Allerdings, versucht man jetzt das bearbeitete Signal direkt mit der Simulation numerischer Relativitätstheorie zu vergleichen, sieht man gleich eine deutliche Diskrepanz. Abbildung 2 zeigt den Vergleich.

Besonders der linke Bereich fällt auf: Während die Simulationskurve schon starke Schwingungen aufweist, ist das Nutzsignal im Rauschen noch nicht zu erkennen. So kann man keine wirkliche Übereinstimmung feststellen.

Wo ist der Fehler? – Durch Filtration wurden nicht nur die Störungen unterdrückt, sondern auch das Signal selbst geändert.

Man braucht also, die Daten numerischer Simulation, genauso wie die Rohdaten, auch zu filtern, damit der Vergleich berechtigt wird. Abbildung 3 zeigt in diesem Fall eine offensichtliche Übereinstimmung. Das berechnete Signal-Rauschen-Verhältnis beträgt laut [1] $SNR = 24$.

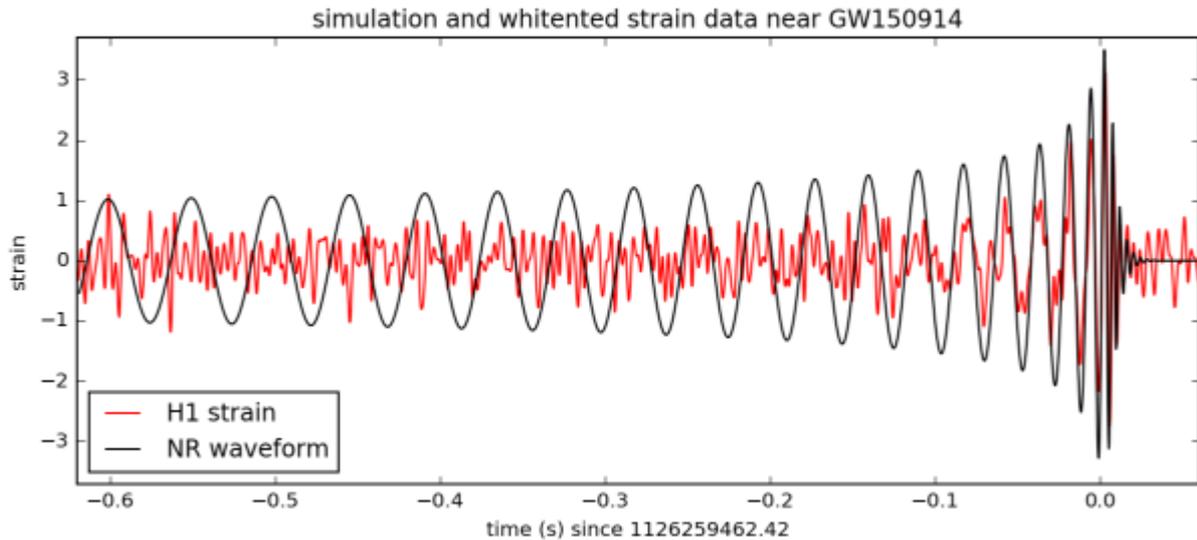


Abbildung 2. Vergleich zwischen gefiltertem Signal und originaler Vorlage.

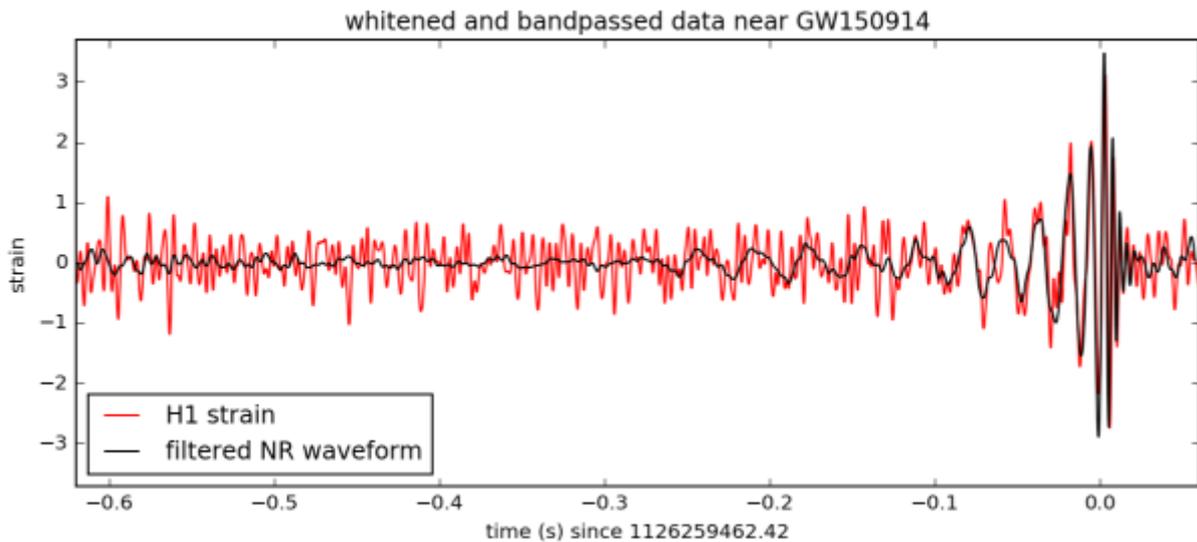


Abbildung 3. Gefiltertes Signal und gefilterte Vorlage übereinander.

Deshalb war die Freude der Forscher sehr groß, als sie diese Übereinstimmung sahen. Der Fund wurde zu einer Sensation.

Allerdings ist der letzte Schritt auch gleichzeitig eine schwache Stelle der Datenverarbeitung.

Eigentlich fehlt es an einer Rücktransformation, die erlaubt, aus gefilterter Vorlage originale Vorlage wiederherzustellen. Sonst ist relativistischer Ursprung des Signals nicht eindeutig belegt.

Wenn wir uns die Abbildung 3 wieder anschauen, stellen wir fest, dass sich die Vorlage in linker Hälfte durch die Datenverarbeitung praktisch zu einer Gerade degradiert hat. Und aus einer Gerade einen Sinusoid wieder zu bekommen, ist

offensichtlich das Ding der Unmöglichkeit. Darüber hinaus ist hier die Rücktransformation einfach unmöglich.

Ferner kann die Vorlage eine abweichende Form haben, nichtdestotrotz wird dieselbe Datenverarbeitung immer fast gleiche gefilterte Kurve als Ergebnis liefern. Dies wird mit den Abbildungen 4 und 5 verdeutlicht.

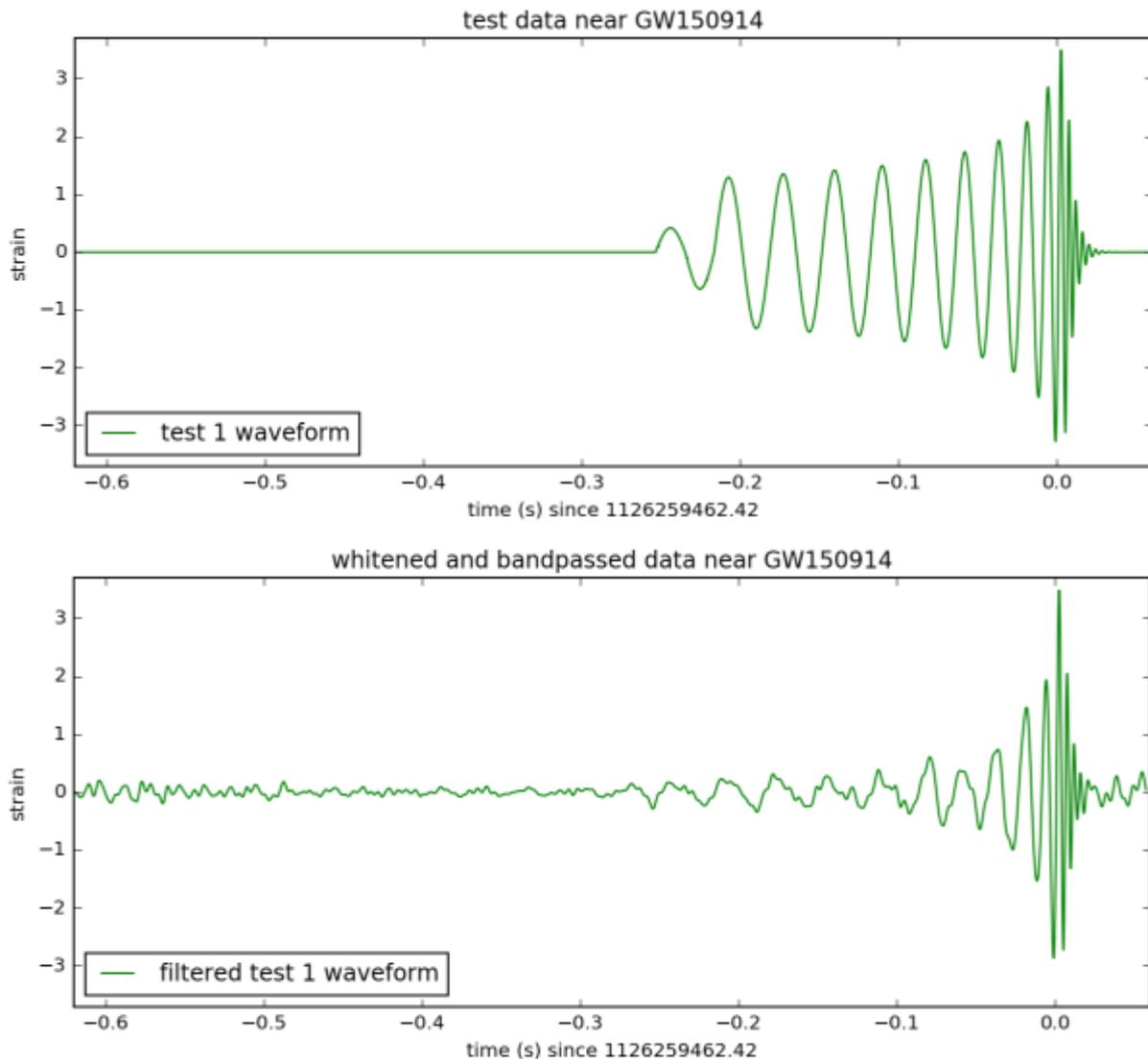


Abbildung 4. Abgeschnittene relativistische Vorlage

Zum Beispiel, kann der Anfang relativistischer Vorlage ohne weitere Konsequenzen auf die Null gesetzt werden, weil dieser für die Datenverarbeitung irrelevant ist.

Andersrum, ändert der Aufschwung vor dem Ereignis das Resultat der Filtration nur geringfügig, sodass zurückgebliebene zusätzliche Welligkeit den Rauschpegel wiederum nicht überschreitet.

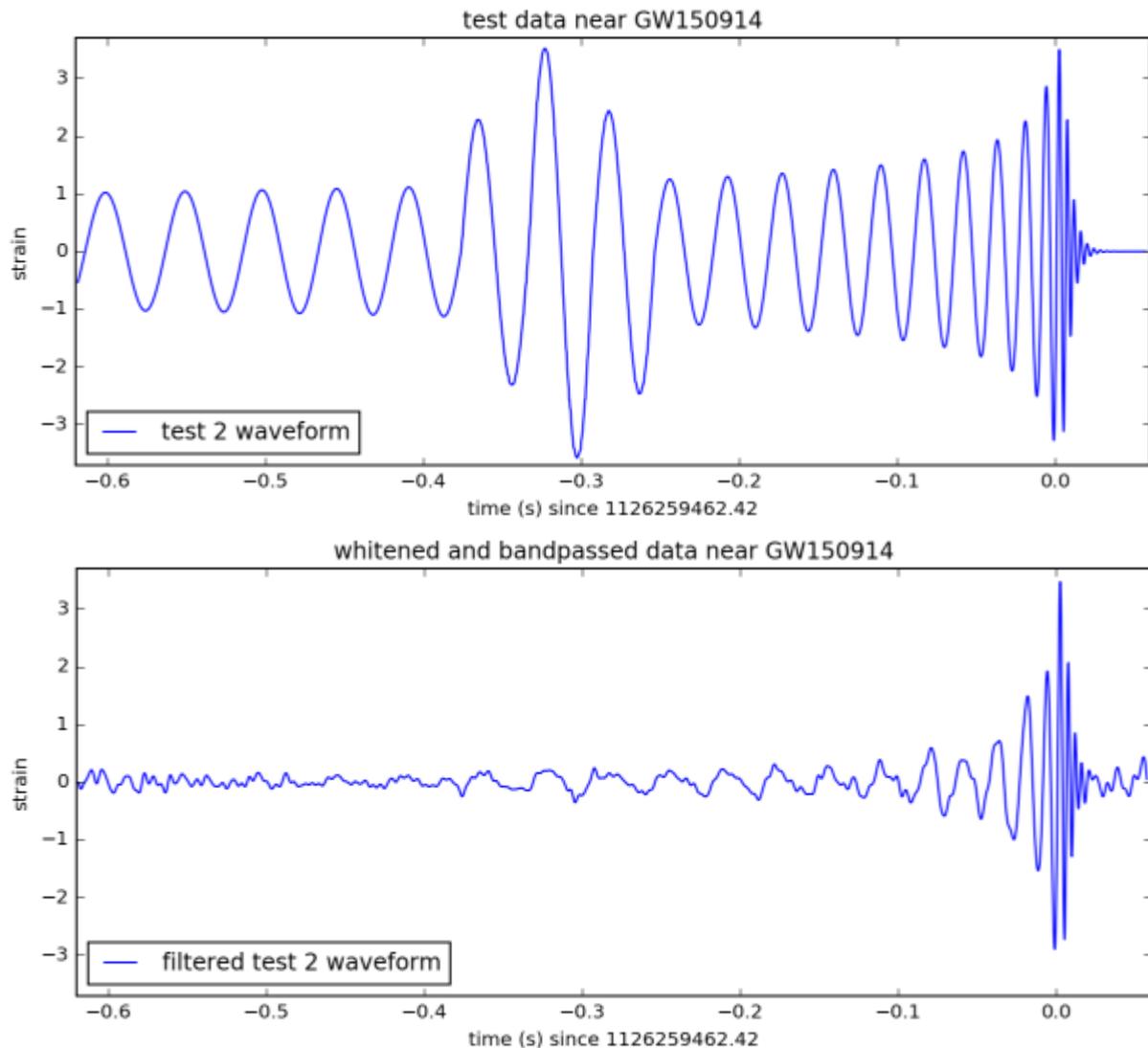


Abbildung 5. Aufschwung vor dem Ereignis.

Abbildung 6 zeigt alle drei Kurven, die Simulation numerischer Relativitätstheorie einschließend, vor und nach der Filtration zusammen.

Im Bereich des eigentlichen Ereignisses, wo das maximale Signal-Rauschen-Verhältnis von 24 erreicht wird, fallen alle drei Kurven zusammen. Deshalb sind die zwei Test-Kurven für die Beschreibung des Ereignisses GW150914 genauso gut geeignet wie relativistische Kurve selbst.

Die Anzahl so geänderter Vorlagen kann offensichtlich unendlich viel sein. In dieser Hinsicht bleibt wirkliches Aussehen des ursprünglichen Signals im Grunde genommen unbekannt.

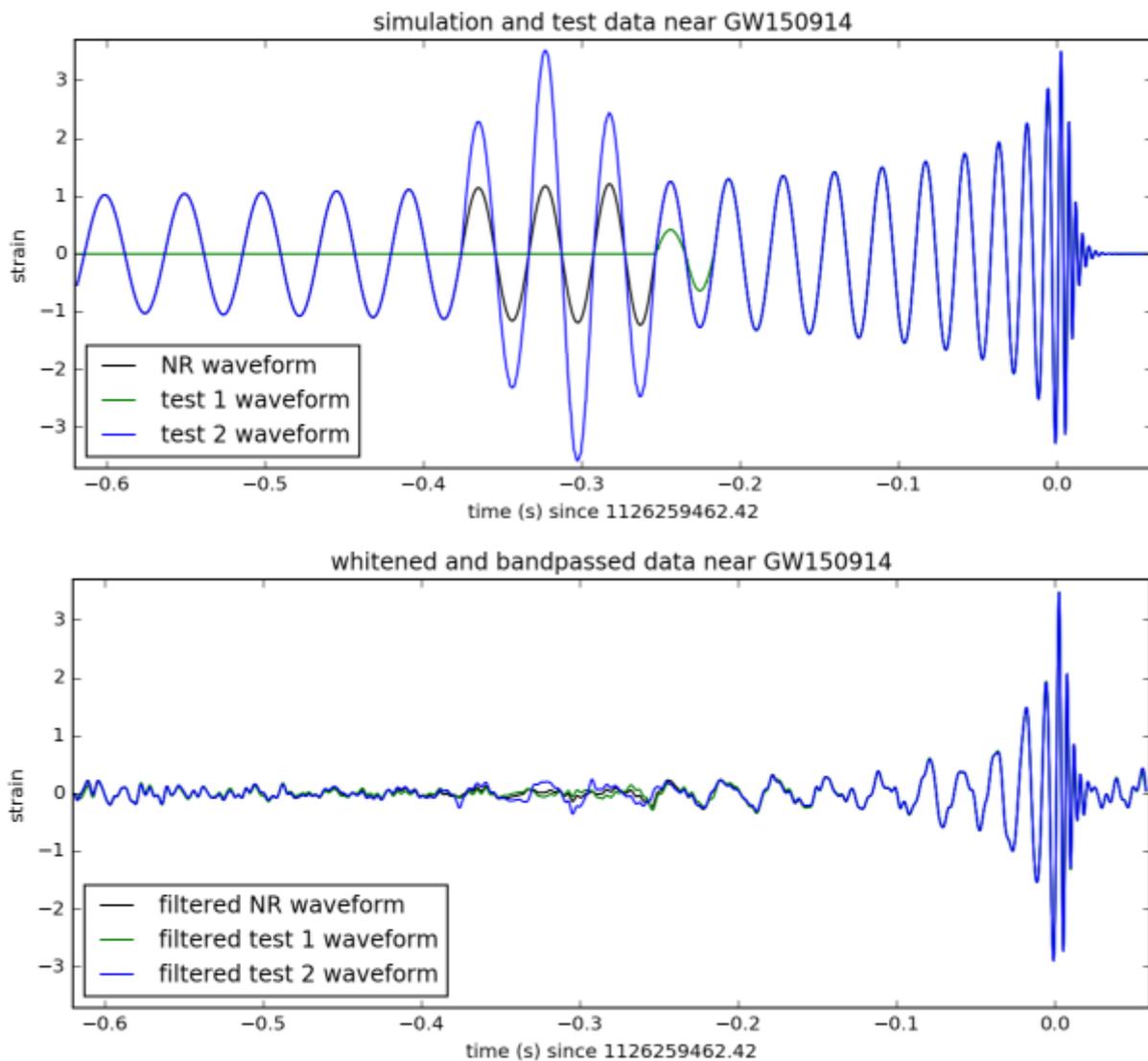


Abbildung 6. Drei Vorlagen vor (oben) und nach (unten) der Filtration.

Die Problematik wird weiterhin bestehen, solange die Daten der Computersimulation vor dem Vergleich mit den Messdaten zusätzlich bearbeitet werden, wodurch eindeutige Entsprechung zwischen originalen Simulationsdaten und bearbeiteten Simulationsdaten verloren geht.

Praktische Lösung sieht so aus: Die Störungen sollen so weit unterdrückt werden, dass sich die Filtration der Daten erübrigt. Die Messdaten könnten dann mit der Simulation numerischer Relativitätstheorie direkt verglichen werden. Auf diese Weise würde schon ein unverkennbarer Beweis erbracht.

Literatur:

[1] Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger. B.P. Abbott et al. (LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration). Phys. Rev. Lett. 116, 061102 – Published 11 February 2016

[2] BEOBACHTUNG DER GRAVITATIONSWELLEN VON DER VER-SCHMELZUNG ZWEIER SCHWARZER LÖCHER. LIGO Scientific Collaboration. <http://www.ligo.org/science/Publication-GW150914/science-summary-german.pdf>

[3] SIGNAL PROCESSING WITH GW150914 OPEN DATA. LIGO Open Science Center (LOSC). https://losc.ligo.org/s/events/GW150914/GW150914_tutorial.html