

Tidal Deformabilities of Hybrid Star Equations of State with a First Order Phase Transition

Jan-Erik Christian

Neutronensterne sind einige der extremsten bekannten Objekte. In ihrer Kompaktheit stehen sie nur schwarzen Löchern nach, allerdings bestehen sie, im Gegensatz zu Letzteren, aus untersuchbarer Materie. Es ist das Ziel vieler Astrophysiker die Zustandsgleichung zu ermitteln, mit der es möglich ist, Materie akkurat unter diesen extremen Bedingungen zu beschreiben. In erster Linie wird hierzu versucht, die Massen und Radien solcher Objekte zu messen und mit den Vorhersagen der Theorie zu vergleichen, da diese direkt von der Zustandsgleichung abhängen. Das Problem besteht darin, dass Neutronensterne trotz ihrer hohen Masse über sehr kleine Radien verfügen, was sie zwar auf der einen Seite gerade zu den interessantesten „Laboratorien“ macht, die sie sind, aber auf der anderen Seite ihre Vermessung, erheblich erschwert. Mit der Vermessung von Gravitationswellen, wie GW170817 [1], gibt es ein weiteres Kriterium, das an die Zustandsgleichung gestellt werden kann, die sogenannte gezeitliche Verformbarkeit (eng.: tidal deformability).

Meine Masterarbeit befasst sich mit der Auswirkung dieser gezeitlichen Verformbarkeit auf die Plausibilität jener Zustandsgleichungen, die eine Zwillingsternlösung generieren. Als Zwillingsterne werden Sterne bezeichnet, die einen (stark) unterschiedlichen Radius bei identischer Masse aufweisen. Eine solche Konfiguration ist nur zu finden, wenn ein Phasenübergang in der Zustandsgleichung angenommen wird. Hier wird davon ausgegangen, dass ab einem gewissen Druck die normale, hadronische Zusammensetzung der Materie in einen „ungebundenen“ (deconfined) Quarkzustand, das Quark-Gluon-Plasma, übergeht. Nicht nur ist diese Annahme sinnvoll, sondern die resultierende Beziehung von Masse und Radius ist durch ihre ähnlichen Massen mit stark abweichenden Radien einzigartig und lässt sich so bereits durch wenige akkurate Messungen finden. Genaue Beobachtungen können in Zukunft durch Projekte wie die Satellitenmission NICER gewährleistet werden, die zur Zeit die genaueste Radiusmessung vorweisen können [2].

In meiner Masterarbeit wird gezeigt, dass Phasenübergänge in der Zustandsgleichung auch unter dem Kriterium der von LIGO gemessenen gezeitlichen Verformbarkeit nicht nur zugelassen sind, sondern sogar von erheblichem Vorteil sein können, da die Daten kompakte Sterne favorisieren und ein Phasenübergang die Masse-Radius Beziehung zu Sternen mit geringeren Radien, aber ähnlichen Massen verschiebt. Meine Masterarbeit bildet ein solides Gerüst zur Interpretation zukünftiger Messungen von Masse, Radius und gezeitlicher Verformbarkeit [3].

Literatur

- [1] B.P. Abbott et al. GW170817: Measurements of neutron star radii and equation of state. *Phys. Rev. Lett.*, 121(16):161101, 2018.
- [2] G. Raaijmakers et al. A *NICER* view of PSR J0030+0451: Implications for the dense matter equation of state. *Astrophys. J. Lett.*, 887(1):L22, 2019.
- [3] Jan-Erik Christian, Andreas Zacchi, and Jürgen Schaffner-Bielich. Signals in the tidal deformability for phase transitions in compact stars with constraints from GW170817. *Phys. Rev. D*, 99(2):023009, 2019.