

Zusammenfassung

Die meisten Sterne entstehen als Doppel- oder Mehrfachsternsysteme in Sternhaufen von hunderten bis zu hunderttausenden von Sternen. Diese jungen Sternhaufen sind immer noch in das Gas der Molekülwolke eingebettet, aus der sie entstanden sind und aus der auch weiterhin Sterne entstehen können. Das Gas bleibt ungefähr 1-2 Myr im Sternhaufen, bevor es durch den Strahlungsdruck der Sterne und andere Prozesse den Sternhaufen verlässt. Es stellt sich die Frage, ob sich die Eigenschaften und der relative Anteil an Doppelsternen in dieser Gas-Phase ändert.

Die Wechselwirkung zwischen den Sternen in einem Sternhaufen zerstört Doppelsterne mit langen Perioden ($>10^5$ Tage). Neben der Wechselwirkung zwischen einem Doppelstern und anderen Sternen ergeben sich auch Wechselwirkungen mit dem Gas in welches er eingebettet ist. Der Doppelstern erzeugt eine spiralförmige akustische Dichtewelle in dem umliegenden Gas, die sich vom Doppelstern weg ausbreitet. Dies führt zu einem Drehimpulstransport vom Doppelstern zum Gas aus dem eine Verringerung des Doppelsternorbits resultiert, welche in der vorgelegten Dissertation untersucht wird.

Stahler (2010) entwickelte eine analytische Näherung zur gasinduzierten Orbitverringerng von Doppelsternsystemen, welche hier auf eine Doppelsternpopulation angewandt wurde. Als Resultat zeigt sich, dass die gasinduzierte Orbitverringerng die Periodenverteilung nur für kurze Perioden ($<10^5$ Tage) signifikant ändert. Vergleicht man die resultierende Periodenverteilung mit Beobachtungen ergibt sich nur für Sterne mit $\approx 1 M_{\odot}$ eine gut Übereinstimmung. Für diesen ersten Ansatz wurden einige Vereinfachungen angenommen. So wurde in der analytische Näherung die Entstehung der Dichtewellen nur indirekt berechnet und der Orbit eines Doppelsternsystems als zirkular angenommen. Beobachtungen hingegen zeigen, dass die meisten Doppelsterne einen exzentrischen Orbit mit $e > 0.2$ haben. Um auch exzentrische Doppelsternorbits zu untersuchen, wurde eine 3D hydrodynamische Simulation entwickelt. Diese berechnet die gravitative Wechselwirkung zwischen einem Doppelstern und dem Gas, die entstehende Dichtewelle und die resultierende Orbitverringerng. Es wurde eine Parameterstudie durchgeführt, die ein breites Spektrum an Gas- und Doppelsterneigenschaften abdeckt.

Der Vergleich der Ergebnisse aus der Simulation mit den Ergebnissen der analytische Näherung sind ähnlich für die Abhängigkeiten der Orbitverringerng von der Gasdichte, der Zeit, die der Doppelstern eingebettet ist und dem Massenverhältnis des Doppelsterns. Im Gegensatz dazu unterscheiden sich die Abhängigkeiten stark für Parameter, die mit der Generierung der Dichtewelle

im Gas zusammenhängen. Bei der Simulation von Doppelsternen mit exzentrischen Orbits erfahren diese eine viel schnellere Orbitverringung als ihre zirkularen Gegenstücke. Schlussendlich wurden die numerischen Ergebnisse in einer Fitformel zusammengefasst, die es erlaubt, die Auswirkungen der gasinduzierten Orbitverringung in einer Doppelsternpopulation kompakt darzustellen.

In der analytischen Näherung verschmelzen Doppelsterne mit kurze Perioden ($<10^5$ Tage) umso schneller je schwerer der Doppelstern ist. Doch gerade für massive Doppelsterne werden viele Doppelsterne mit kurze Perioden beobachtet. Die Simulation zeigt hier eine bessere Massenabhängigkeit, aber auch die durch die Fitformel berechnete Periodenverteilung kann die beobachteten Periodenverteilungen nicht reproduzieren. Dabei ist zu berücksichtigen, dass für diesen Vergleich nur ein Sternhaufentyp betrachtet wurde und zur Reproduktion aber alle möglichen Sternhaufentypen berücksichtigt werden müssten. Da die Entstehung und Entwicklung eines Sternhaufens noch immer Bestand aktueller Forschung ist, können Fortschritte auf diesem Gebiet zu einer umfassenderen Darstellung der Doppelsternpopulation beitragen. Mit diesem Wissen kann die hier entwickelte Methode genutzt werden, um die gasinduzierte Orbitverringung einer gesamten Doppelsternpopulation zu berechnen.

Abstract

A large fraction of stars ($\approx 50\%$ of the field population) are not single but part of a binary or multiple system. These binary systems form from the gas and dust in molecular clouds largely building clusters that are initially still embedded in the star-forming gas. Here the question arises whether the properties and frequency of binaries change during this gas-embedded phase.

It is known that the gravitational interactions between stars in a cluster environment can destroy long-period binaries ($> 10^5$ days). However, not only can the interaction between the stars themselves change the binary properties but also those between binary systems and the surrounding gas. There, the binary potential torques the nearby gas, producing an outgoing acoustic wave. This wave transports angular momentum from the binary to the gas, resulting in a decay of the binary orbit. This effect is the central focus of the thesis presented here.

First, an analytic approximation for the gas-induced orbital decay by Stahler (2010) was applied to a binary population and the results compared to observations. It was found that the process of orbital decay significantly changes the properties of short period binaries ($< 10^5$ days). The resulting period distribution resembles the one observed for solar-mass stars, but fails to do so for other mass ranges.

The analytic approximation treats only the effect on binary systems with circular orbits and the wave generation is not calculated explicitly. Since, most binary systems have eccentric orbits, a 3D hydrodynamic simulation was developed to avoid these restrictions. It calculates the gravitational binary - gas interaction, the wave generation, and the resulting orbital decay. An extensive parameter study was performed to investigate the dependency of the orbital decay on the binary and gas properties. It was found that the gas density, embedded time span and mass-ratio show a similar scaling as predicted by the analytic approximation. By contrast, all binary and gas properties which influence the wave generation show different dependencies. In particular, it is shown that eccentric orbits lead to a faster orbital decay than their circular counterparts. Eventually, all these effects were combined in a fit formula.

Applying this fit-formula to a binary population, the resulting period distribution shows a better matching mass dependency, but still does not resemble the observed period distributions. The cluster model chosen here is only one example and it is still unknown which cluster types contribute to the field population. Furthermore, future observations of young binary systems and their environment could restrict the parameter space presented here. Having detailed knowledge of the binary's environment, the method developed in this thesis can be used to deduce what impact the gas-induced orbital decay has on a binary population.

Bibliography

Stahler, S. W. 2010, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 402, 1758

