



Doctoral Thesis

Modelle für symbiotische Sterne

Author(s):

Vogel, Manfred

Publication Date:

1990

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000592371> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH Nr. 9089

MODELLE FÜR SYMBIOTISCHE STERNE

ABHANDLUNG

zur Erlangung

des Titels eines Doktors der Naturwissenschaften

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von

MANFRED VOGEL

Dipl. Mathematiker ETH

geboren am 9. August 1955

von Kölliken (Kt. Aargau)

Angenommen auf Antrag von:

Prof. Dr. H. Nussbaumer, Referent

Prof. Dr. J. O. Stenflo, Korreferent



Zusammenfassung

Symbiotische Sterne werden durch ihr eigentümliches Spektrum charakterisiert. Neben den Merkmalen eines kühlen Riesen zeigen sie Emissionslinien eines hochangeregten Gases. Für die benötigten Ionisationsenergien kann nicht ein kühler Stern verantwortlich sein. In dieser Arbeit werden zuerst die beobachteten Eigenschaften Symbiotischer Sterne diskutiert, und es wird gezeigt, dass es sich dabei um wechselwirkende Doppelsternsysteme handelt. Anschliessend werden einfache Modellvorstellungen präsentiert und durch analytische Abschätzungen untersucht. Dann werden die theoretischen Grundlagen bereitgestellt, auf denen eine quantitative Behandlung dieser Modellvorstellungen beruht. Da die beobachteten Spektren durch die Nebelemmission dominiert werden, gehört das Schwergewicht den dafür verantwortlichen physikalischen Prozessen und den zugehörigen atomaren Daten. In einem nächsten Schritt werden Möglichkeiten und Grenzen dieser quantitativen Modelle an einfachen Beispielen untersucht. Dabei zeichnen sich einige nützliche Anwendungen ab, und es lassen sich erste Erkenntnisse über die Symbiotischen Sterne gewinnen.

Im zentralen Teil der Arbeit wird eine quantitative Beschreibung der Symbiotischen Sterne als Doppelsternsysteme dargestellt. Das System besteht aus einem kühlen, masseverlierenden Riesen und einem heissen, kompakten Begleiter. Der Wind des kühlen Riesen wird durch die Strahlung des heissen Begleiters photoionisiert, und erzeugt so die charakteristische Nebelemmission. Die verwendete Technik zur Berechnung synthetischer Spektren und Linienprofile wird beschrieben, und eine Modell für den Helligkeitsausbruch wird vorgeschlagen. Aus analytischen Rechnungen lassen sich Beziehungen herleiten, welche für die Interpretation der numerischen Resultate von grossem Nutzen sind. Die Radioemission erlaubt Rückschlüsse auf die Geometrie der Symbiotischen Sterne, weshalb diese zu einem wichtigen Teil der Modellrechnungen wird. Die Doppelsternnatur kann periodische Variationen bewirken, die verstanden werden müssen, um die beobachteten Änderungen zu interpretieren. Die Voraussagen dieser quantitativen Modelle werden mit den Beobachtungen der symbiotischen Systeme HBV 475, Z And und HM Sge konfrontiert, um daraus abzuschätzen, wie gut die Modellvorstellungen die Natur der Symbiotischen Sterne wiedergeben. Aus diesen Modellrechnungen wird beispielsweise die Entwicklung der heissen Komponente von HM Sge in der Ausbruchphase quantitativ bestimmt. Allerdings drängen sich für die Modelle zwei Erweiterungen auf: Einmal muss der Bedeckungseffekt des Sternwindes vom kühlen Riesen auf die emittierte Strahlung eingehender untersucht werden, zum anderen kann die heisse Komponente nicht bloss als Quelle ionisierender Photonen betrachtet werden. Den Konsequenzen dieser beiden Folgerungen wird nachgegangen, wobei sich beobachtete Erscheinungen klären.

Die Entwicklung dieser Modellvorstellungen wurde stark durch Beobachtungen von HBV 475 geprägt. Dieses Objekt wurde intensiv im UV mit dem Satelliten IUE und im IR mit dem italienischen Infrarot Teleskop auf dem Gornegrat (TIRGO) beobachtet. Die gesammelten Daten sind im Anhang zusammengestellt, zusammen mit Beobachtungen anderer Autoren.

Zum Schluss wird die Stellung der Symbiotischen Sterne in der Entwicklungsgeschichte von Doppelsternsystemen beleuchtet. Aufgrund des entwickelten Modells wird diskutiert, unter welchen Bedingungen ein symbiotisches System entstehen kann.

Summary

Symbiotic stars are interacting binaries. They are characterized by the apparent superposition of two different types of spectra. This suggests the coexistence of a cool M-type giant, a hot radiation source, and a nebula. The variety of observational data from different spectral ranges are briefly summarized. Simple models for symbiotic stars are discussed and backed up by analytical estimates. Then the theoretical requirements for a more detailed modelling are worked out. As optical and UV spectra of symbiotic stars are dominated by the nebular emission, the theory is mainly devoted to the physics of gaseous nebulae and to the relevant atomic data. The applicability of such quantitative models is explored with simple models for symbiotic stars. It is shown, that a wealth of information about symbiotic systems can be obtained from these calculations if applied even to simplistic models.

In the main part of this Thesis symbiotic stars are quantitatively described as binaries. The model consists of a cool M-type giant with a spherically symmetrical mass-loss, and a hot compact star. The hot star ionizes a fraction of the wind lost by the cool star. Depending on the radiation temperature of the hot star, the mass-loss rate from the cool star, and the stellar separation, the nebular emission of the ionized atoms originate in various regions between the cool and the hot star. The calculation of synthetic spectra and resulting line profiles is discussed, and a model for the outburst of symbiotic stars is proposed. In this scenario the outburst is triggered by an increase of the mass-loss rate of the cool giant. Analytic relations are found which are very helpful for the interpretation of the numerical results. An other important aspect is the radio emission expected from the model, since the observed radio behaviour gives some restrictions for the geometrical configuration of the systems. The orbital motion of the binary may cause periodic variations, which must be predicted by the model calculations. Results of these quantitative models are compared with observations of the symbiotic stars HBV 475, Z And and HM Sge. From such comparison it was for example possible to derive the evolution of the ionizing source in HM Sge during the outburst. However, two mayor areas where further investigations are needed are recognised: First, eclipse effects by the inner wind of the cool components had to be investigated more closely. Second, it turned out that the compact star may not only be looked at as source of ionizing photons, but that it may shed a wind on its own. The presence of two winds has various consequences which are investigated only in a exploratory way.

The model developed in this work was much inspired by observations of HBV 475. This object was extensively observed with IUE in the ultraviolet, and in the IR with the italian Infrared Telescope at the Gornergrat (TIRGO). These data are compiled in the appendix, together with the collected observational history from the literature.

To end with, the role of symbiotic systems are discussed in the evolution of binary stars. Based on the adopted model, the requirements for the formation of symbiotic systems are discussed.