ETH zürich

ETH Library

Properties of symbiotic binaries
A study of selected systems

Doctoral Thesis

Author(s):
Dumm, Thomas

Publication date:
1999

Permanent link:
https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-a-003840353

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 No. 13147

Properties of Symbiotic Binaries

A Study of Selected Systems

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY

for the degree of
Doctor of Natural Sciences

presented by

Thomas Dumm
Dipl. Phys. ETH
born on February 9th, 1969
citizen of Germany

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Harry Nussbaumer, examiner
Dr. habil. Werner Schmutz , co-examiner
Prof. Dr. Jan Olof Stenflo , co-examiner

Mai 1999

Abstract

Typical symbiotic binary star systems consist of a late-type giant and a hot white dwarf. The giant star possesses a stellar wind, which embeds the whole binary system in a gas cloud. The radiation field of the white dwarf and the gravitation fields from the two stars interact with this gas cloud. This can lead to accretion of hydrogen rich giant wind material by the hot star, or to a radiation driven hot star wind, and consequently a collision of the two stellar winds. A third possibility is a combination of accretion and mass-loss: accretion in equatorial regions and mass-loss in polar regions. In this thesis, spectroscopic observations showing traces of the interaction processes at work are analyzed.

The knowledge of stellar masses and radii is fundamental for the interpretation of observations of symbiotic binary systems. For the eclipsing symbiotic binary system BX Monocerotis, the masses and radii of the two stellar components are directly determined from observations, without involving evolutionary models. This was possible as the hot component in the system causes an A-type like spectrum, with several strong absorption lines.

BX Monocerotis is the first symbiotic system for which clearly eccentric orbits of the two stars have been found. This eccentricity is explained by the smallness of the tidal forces. The time-dependent binary separation can cause a time-dependent accretion rate. This could be a reason for the large irregular variation of the luminosity of the hot component.

The rotation rate of the giant star in BX Monocerotis is larger than that of single giants. This is explained by the tidal forces from the companion star. In the case of a circular orbit, these tidal forces establish co-rotation, that means the rotation period of the M-giant is equal to the orbital period. For eccentric orbits as in BX Monocerotis, tidal forces lead to a rotation rate, at which the accelerating torques around periastron are compensated by the decelerating torques around apastron.

For several years, it has been known, that some of the hot components in symbiotic binaries possess a radiation driven wind. These winds can reduce or prevent the hot star from accreting hydrogen rich wind-matter. According to the theory of classical nova outbursts, the accretion rate directly determines how the accreted hydrogen is burnt on the surface of the white dwarf. In this thesis HST spectra of the symbiotic nova RR Telescopii and observations of the stable system RW Hydrae are analyzed. No trace of a wind from the hot star is found.

UV-observations of RW Hydrae reveal a high density wake, which is trailing the white dwarf. This wake is interpreted as an accretion wake. Observations of the high density wake are compared with accretion simulations. With the current accretion model it is not possible to reproduce the observed orientation of the high density wake.

For the eclipsing symbiotic binary system SY Muscae, an accurate time of mid-eclipse from new radial velocity data is determined. The occultation light curve of the white dwarf is not symmetric with respect to mid-eclipse. The density distribution around the M-giant is thus not spherically symmetric. This could be due to a wind from the hot star, which collides with the M-giant wind. When modeling the egress data, it is found, that the mass-loss rate of the M-giant, could be as large as $5 \cdot 10^{-7}$ solar masses per year. A possible M-giant wind-law is derived.

In SY Muscae the observed UV-energy distributions during ingress and egress cannot be explained by Rayleigh attenuation alone. This is also the case in other eclipsing symbiotic binary systems. HST high resolution spectra of the eclipsing symbiotic binary system RW Hydrae, also observed during egress, reveal that the flux attenuation is caused by a combination of Rayleigh scattering by neutral hydrogen and line blanketing. This is probably also the case for SY Muscae and other symbiotics.

Measured M-giant wind laws, show where the wind acceleration takes place. For the interpretation of empirically determined wind laws, it is important to know the accelerating forces. Radiation pressure on dust is responsible for the wind acceleration beyond stellar distances where dust formation begins. The infrared spectra of CH Cygni observed by ISO are analyzed. Silicate dust formation is found to start at a stellar distance of ≈ 10 M-giant radii. It is found, that the OH-molecules are the dominant cooling source. This is qualitatively different from a single M8-M9 giant, where the dominant cooling species in the molecular envelope is H_2O .

To compare the cool component in symbiotic binaries with single cool giants, stellar radii of single M-giant stars in the HIPPARCOS cat-

alogue are determined. Luminosities and from evolutionary tracks, stellar masses are derived for the single M-giants. The radius of BX Monocerotis is found to be equal to the radius of a single M-giant of the same spectral type and same mass.

Kurzzusammenfassung

Symbiotische Doppelsterne bestehen aus einem alten Riesenstern und einem heissen weissen Zwerg. Der Riesenstern besitzt einen Sternwind, welcher das ganze Doppelsternsystem in eine Gaswolke einbettet. Das Strahlungsfeld vom weissen Zwerg, sowie die Gravitationsfelder der beiden Sterne wirken dabei auf die Gaswolke. Diese Wechselwirkung kann dazu führen, dass der heisse Stern wasserstoffreiches Wind-Material des Riesen akkresziert, oder kann zu einem strahlungsgetriebenen Wind vom heissen Stern und folglich zur Kollision der beiden Sternwinde führen. Eine dritte Möglichkeit ist, dass Akkretion und Massenverlust gleichzeitig stattfinden: Akkretion in der Äquatorgegend bei gleichzeitigem Massenverlust in den Polgegenden. In dieser Doktorarbeit wird anhand einzelner Systeme die Wechselwirkung mittels spektroskopischer Beobachtungen untersucht.

Die Kenntnis der Massen und Radien der Sterne ist bei der Interpretation von Beobachtungen eines symbiotischen Doppelsternsystems von fundamentaler Bedeutung. Für das bedeckende symbiotische Doppelsternsystem BX Monocerotis wurden die Massen und Radien der beiden stellaren Komponenten ohne Verwendung von Sternentwicklungsrechnungen direkt aus Beobachtungen abgeleitet. Dies war möglich, da die heisse Komponente im System ein A-Stern ähnliches Spektrum erzeugt, welches mehrere starke Absorptionslinien aufweist.

BX Monocerotis ist das erste symbiotische Doppelsternsystem, für welches klar exzentrische Umlaufbahnen für die beiden Sterne bestimmt wurde. Die Exzentrizität wird durch relativ schwache Gezeitenkräfte erklärt. Der zeitabhängige Abstand zwischen den beiden Sternen kann eine zeitabhängige Akkretionsrate verursachen. Dies könnte der Grund für die irreguläre Variation der Helligkeit der heissen Komponente sein.

Die Rotationsgeschwindigkeit des Riesensternes in BX Monocerotis ist grösser als die eines Einzelriesen. Dies wird durch die Gezeitenkräfte des weissen Zwerges erklärt. Im Falle eines zirkulären Orbits führen die Gezeitenkräfte zu Korotation, das heisst, die Rotationsperiode des M-Riesen ist gleich gross wie die Bahnperiode.

For exzentrische Bahnen wie in BX Monocerotis führen Gezeitenkräfte zu einer Rotationsgeschwindigkeit bei welcher sich das beschleunigende Drehmoment in der Nähe des Periastrons mit dem bremsenden Drehmoment in der Nähe des Apastrons kompensiert.

Schon seit einigen Jahren weiss man, dass einige der heissen Komponenten in symbiotischen Doppelsternsystemen einen strahlungsgetriebenen Wind besitzen. Dieser Wind kann die Akkretion von wasserstoffreichem Wind-Material des Riesensterns reduzieren oder gar verhindern. Gemäss der Theorie für klassische Nova Ausbrüche bestimmt die Akkretionsrate direkt, wie der akkreszierte Wasserstoff auf der Oberfläche des weissen Zerges verbrannt wird. In dieser Doktorarbeit wurden HST-Beobachtungen der symbiotischen Nova RR Telescopii und Beobachtungen des stabilen Systems RW Hydrae ausgewertet. Es wurden keine Anzeichen für einen Wind vom heissen Stern gefunden. UV-Beobachtungen von RW Hydrae zeigen eine schmale Zone hoher Dichte in der Nähe des heissen Sternes auf. Diese schmale Zone wird als Akkretionszone interpretiert. Beobachtungen dieser Zone werden mit Akkretionssimulationen verglichen. Mit dem verwendeten Akktretionsmodell war es nicht möglich die Orientierung der Zone zu reproduzieren.

Für das bedeckende symbiotische Doppelsternsystem SY Muscae wurde aus neuen Radialgeschwindigkeitsbeobachtungen ein genauer Zeitpunkt der Bedeckung des heissen Sterns durch den kühlen Stern bestimmt. Die Bedeckungslichtkurve des heissen Sterns ist nicht symmetrisch bezüglich der Zentralbedeckung. Die Dichteverteilung um den M-Riesen ist deshalb nicht sphärisch symmetrisch. Dies könnte durch einen Wind vom heissen Stern erklärt werden. Dieser Wind würde mit dem Wind des M-Riesen kollidieren und so die beobachtete Asymmetrie verursachen. Beim separaten Fitten der Daten zeigt sich, dass die Massenverlustrate bis zu 10^{-7} Sonnenmassen pro Jahr sein könnte. Ein mögliches Windgesetz für den M-Riesen wurde abgeleitet.

In SY Muscae kann die spektrale Energieverteilung nicht allein durch Rayleigh Streuung erklärt werden. Dies ist auch bei anderen bedeckenden symbiotischen Dopplersternsystemen der Fall. Hochaufgelöste HST UV-Spektren des bedeckenden symbiotischen Dopplersternsystems RW Hydrae zeigen, dass die Flussreduktion durch eine Kombination von Rayleigh Streuung und Linienabsorption zustande kommt. Dies ist sehr wahrscheinlich auch in SY Muscae und anderen symbiotischen Dopplersternen der Fall.

Gemessene Windgesetze von M-Riesensternen zeigen, wo der Wind eine starke Beschleunigung erfährt. Zur Interpretation dieser empirischen Windgesetze ist es auch wichtig die den Wind beschleunigenden Kräfte zu kennen. Bei Sternabständen, wo sich Staub

bilden kann, wird der Strahlungsdruck, welcher auf die Staubteilchen wirkt, für die Beschleunigung des Windes wichtig. Es wurden von ISO aufgenommene Infrarotspektren von CH Cygni modelliert. Dabei zeigte sich, dass die Bildung von Silikatstaub in einem Abstand von $\approx$ 10 M-Sternradien beginnt. In CH Cygni ist das OH-Molekül für die Gaskühlung verantwortlich ist. Dies ist qualitativ verschieden von einem M8-M9 Einzelriesen, wo die Kühlung durch H_2O Moleküle geschieht.

Um die kühlen Komponenten in symbiotischen Doppelsternsystemen mit denjenigen von Einzelsternen zu vergleichen, wurden Sternradien von M-Riesensternen im HIPPARCOS Katalog bestimmt. Zusätzlich wurden ihre Leuchtkräfte, sowie mit Hilfe von Sternentwicklungsrechnungen deren Sternmassen bestimmt. Der Radius der kühlen Komponente in BX Monocerotis ist vergleichbar mit dem Radius eines Einzelsternes mit gleichem Spektraltyp und gleicher Masse.