



Doctoral Thesis

Ein Modell für Atmosphären von Wolf-Rayet Sternen

Author(s):

Schmutz, Werner

Publication Date:

1984

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000311821> →

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. 7451

EIN MODELL FÜR ATMOSPHERÄN VON WOLF-RAYET STERNEN

ABHANDLUNG

zur Erlangung

des Titels eines Doktors der Naturwissenschaften

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE

ZÜRICH

vorgelegt von

WERNER SCHMUTZ

Dipl. Physiker ETH

geboren am 29. August 1952

von Worb (Kt. Bern)

Angenommen auf Antrag von:

Prof. Dr. H. Nussbaumer, Referent

Prof. Dr. K. Dressler, Korreferent

Zusammenfassung

Die Wolf-Rayet Sterne zeigen ein so auffälliges Spektrum, dass diese sehr seltenen Sterne schon seit dem Beginn der Sternspektroskopie vor mehr als 100 Jahren bekannt waren. Da man sie wegen ihres besonderen Aussehens nicht einordnen konnte, nahmen sie innerhalb der Spektralklassen eine Sonderstellung ein. An dieser Sonderstellung änderte sich auch nichts, als man das Aussehen des Spektrums durch den aussergewöhnlichen physikalischen Zustand der Wolf-Rayet Atmosphäre zu deuten vermochte: Ein stetiger, starker Massenverlust führt zu einer extrem ausgedehnten Atmosphäre. Die chemische Zusammensetzung entspricht entweder den Produkten der Wasserstofffusion (Stickstoff Typ) oder denjenigen der Heliumfusion (Kohlenstoff Typ). Damit war aber noch nichts über die Beziehung der Wolf-Rayet zu normalen Sternen ausgesagt, und die Wolf-Rayet Spektralklasse blieb, um es mit den Worten von Professor Maeder auszudrücken, das "Zebra im Zoo". Diese Situation änderte sich erst in den letzten Jahren, als Sternentwicklungsrechnungen durchgeführt wurden, die Massenverluste miteinbezogen. Es zeigt sich, dass massereiche Sterne am Ende ihrer Entwicklung, bevor sie als Supernovae explodieren, sich in einem Stadium befinden, bei dem Produkte der Kernfusion an die Oberfläche gelangen, bzw. Schichten freigelegt werden, die früher zur Fusionszone gehörten. Die Vermutung liegt nahe, dass dieses Stadium den Wolf-Rayet Sternen entspricht. Um diese Vermutung zu überprüfen, sollte man die theoretisch berechneten Sterneigenschaften mit denen der Wolf-Rayet Sterne vergleichen können. Es zeigt sich aber, dass die Grundgrössen (Masse, Leuchtkraft, Temperatur, Radius und chemische Zusammensetzung) nur sehr ungenau bekannt sind und eine sorgfältige Bestimmung nur mit Hilfe von Modellrechnungen möglich ist. Diese Arbeit stellt ein solches Modell vor.

Wegen dem besonderen Zustand der Wolf-Rayet Atmosphären ist es nicht möglich, bereits entwickelte Modelle zu benutzen, da unter anderem der treibende Mechanismus des Massenverlustes nicht bekannt ist. Dieses Problem wird bei unserem Modell durch ein halbempirisches Vorgehen umgangen: Temperatur- und Dichteverlauf in der Atmosphäre werden als bekannt vorausgesetzt und als freie Parameter behandelt. Das Modell geht von einer sphärisch symmetrischen Atmosphäre aus, es handelt sich also um ein eindimensionales Modell. Zur Berechnung der NLTE Niveaubevölkerungen des Heliums (weitere Elemente werden nicht berücksichtigt) wird zwischen der Lösung des Strahlungstransports für das Kontinuum und der Lösung der Gleichungen des statistischen Gleichgewichts iteriert ('A-Iteration'). Der Strahlungstransport in den Linien wird mit Hilfe der Sobolev-Approximation in den Gleichungen des statistischen Gleichgewichtes mitberücksichtigt. Die Ergebnisse der ersten Rechnungen zeigen, dass die beobachteten Wolf-Rayet Spektren reproduziert werden können, und zwar sowohl das beobachtbare Kontinuum als auch die Linienstärken. Das wesentlichste Resultat der Modellrechnungen besteht darin, dass die mit unserem Modell bestimmten Leuchtkräfte der Wolf-Rayet Sterne bis zu einem Faktor zwei grösser sind, als wenn sie mit Hilfe üblicher Modelle (Schwarzkörper Strahlung, Kurucz Modelle) berechnet wurden. Ein weiteres Ergebnis ist die grosse Empfindlichkeit der Linienstärken auf die Atmosphärenstruktur. Somit lässt sich die beobachtete grosse Streuung der Linienstärken innerhalb eines Wolf-Rayet Typs durch kleine Variationen des Atmosphärenaufbaus erklären.

Summary

Wolf-Rayet stars have been known since the beginning of stellar spectroscopy more than 100 years ago. They were soon recognised as a special spectral class because of their different appearance. They maintained their exceptional position even when the origin of the special spectral features was successfully explained as an effect of an extremely extended atmosphere, due to a steady mass loss, and an unusual chemical composition. The observed elements are either products of the hydrogen fusion (nitrogen sequence) or of the helium fusion (carbon sequence). The relation to normal stars was only found in the last few years as evolutionary calculations were done which included mass loss. There is now a growing belief that Wolf-Rayet stars represent the last stage in the evolution of very massive stars before supernova explosion. In this stage shells of former fusion zones are expelled so that the products of the fusion appear on the surface, or these fusion products have been brought up to the surface by convection. To check this hypothesis the properties of Wolf-Rayet stars should be compared with the predictions of evolutionary calculations. But the basic quantities of Wolf-Rayet stars are only approximately known. A better determination requires elaborate atmosphere model calculations in order to analyse the spectra. This work presents such a model for the atmospheres of Wolf-Rayet stars.

The model is semi empirical, i.e. the velocity and temperature law are assumed to be known; they are then treated as free parameters. The geometry used is spherically symmetric. The atmosphere is assumed to consist of helium. The calculation of the continuum radiation field and the level populations are performed alternately until convergence of the level populations ('A-iteration'). The radiation transfer in the lines is simplified with the Sobolev approximation. The results of the first calculations (parameter survey) show that both line strengths and continuum of the observed spectra can be reproduced. The most important result is that our model predicts up to a factor two greater luminosities for Wolf-Rayet stars than previous analyses with existing models (blackbody radiation, Kurucz models). Another noteworthy result is the strong dependence of the line strengths on the atmospheric structure. The observed large scatter of the line strengths within the subtypes are thus explained by small variations of the atmospheric structure.