



This page is not fully translated, yet. Please help completing the translation.

(remove this paragraph once the translation is finished)

D3 - Spectral analysis of a Wolf-Rayet star

Task

Determine the temperature T_* , radius R_* , luminosity L , mass loss rate $\dot{M}$, the mass fraction of hydrogen X_{H} and the stellar wind's terminal velocity v_{∞} of the Wolf-Rayet star BAT99 58 (Brey 47) in the Large Magellanic Cloud (LMC) by comparison with PoWR models.

General

As you already learnt in D2 (Determine the mass loss rate of OB stars), hot and massive stars have strong mass loss by stellar winds. This can be seen in their spectra which are, in case of the Wolf-Rayet (WR) stars, entirely dominated by emission lines that form in the wind. These stars are seen as late evolutionary stages of very massive O-type stars that may be at the transition between (central) hydrogen and helium burning.

To derive stellar parameters from the observed spectrum they are compared to model spectra (synthetic spectra). With help of Potsdam Models of expanding stellar atmospheres (PoWR) can analyze spectra of hot stars ($T_* > 10^4 \mathrm{K}$) which holds true for WR stars. According to the dominance of nitrogen or carbon lines in the spectrum a distinction is made between WR stars with nitrogen (WN) and carbon (WC), while the former are subdivided into **late types** (WNL) and **early types** (WNE) depending on their atmosphere's hydrogen content. In this experiment a WN type star of the LMC shall be examined.

Preparation

Find the [grid models](#) at the main page of the [Astrophysics Department of the Uni Potsdam](#). Get an impression of the parameters that enter into the models, e.g. the range of temperatures and the so called transformed radius R_{t} . Learn the principles of line-driven winds. Then copy the WRplot script `lmcstars.plot` and the accompanying file for the line identifications `ident.dat` from the directory `~/skripte/d3/` to the laboratory course computer a12 into your working directory.

Course

Observational data

There are visual observational data for the star that are already linked in the previously mentioned WRplot script. Additional UV observations from the International Ultraviolet Explorer (IUE) can be

downloaded from the [MAST archive](#). There are spectra in different wavelength ranges (SWP: 1150–1980 $\text{\AA}$ and LWP or LWR: 1850–3350 $\text{\AA}$). Search in the MAST archive for UV data of this star (note: the search radius should be limited to a few arcseconds) and save the downloaded fits files in your working directory. To ease the further handling, convert the fits files (the spectra) to X-Y tables (ASCII-Format, text files), e.g. with the program fitsviewer:

```
fv filename.fits
```

and display all data tables (Table → All). Mark and delete unneeded datasets and export the remaining data as text file (choose a descriptive filename) with fixed column width. Add the reference number of the selected observation as comment line (starting with an asterisk, *). Alternatively, download the IUE spectra directly from the [IUE database](#). Search for the star and the results page will display the spectra and allow to download the spectra as ASCII files.

Furthermore, use [Simbad](#) and [VizieR](#) to obtain the photometry of the star. This means the u, v und b small band magnitudes ([Smith et al. 1968](#)) as well as the 2MASS IR broad band magnitudes (J, K and H). Copy these values. If needed look for photometry in the literature.

Fit the spectrum

Im Prinzip ist das wrplot-Skript direkt benutzbar. Es gilt nur noch die Variablen und Parameter anzupassen, die bisher mit einem Fragezeichen versehen sind. Wählen sie sich ein Modell und das entsprechende Gitter, tragen sie die ermittelten Photometriedaten ein und passen sie die Pfade an, die die Beobachtungsdaten betreffen. Wenn sie das Skript mit

```
wrpdf lmcstars.plot
```

ausführen erhalten sie einen sogenannten Masterplot mit dem Namen `lmcstars.pdf`. Dieser enthält 5 Paneele und eine Kopfzeile, die Informationen über das gewählte Modell, Temperatur, Radius, Geschwindigkeit, chemische Häufigkeiten und Modellnummer enthält. Das oberste Panel ist die Spektrale Energieverteilung (SED), die doppelt logarithmisch den absoluten Fluss über der Wellenlänge darstellt. Dabei wird die Beobachtung blau und das gewählte Modell rot abgebildet. Die blauen Kästchen entsprechen den Flussmarken der Photometriewerte. Die weiteren Plots enthalten das normalisierte Linienspektrum über der Wellenlänge in Angström ($\text{\AA}$) in gleicher Farbcodierung.

Es gilt nun, das Modell auszuwählen, welches die bestmögliche Übereinstimmung mit dem beobachteten Linienspektrum aufweist. Dabei ist im wesentlichen darauf zu achten, dass die bezeichneten Spektrallinien in Form, Höhe und Breite wiedergegeben werden. Durch die Veränderung der Modellnummer (Variable MODEL) können sie im Gitter entsprechend höhere/tiefere Temperaturen und/oder transformierte Radien wählen. Mit einem Blick auf die Linien $\text{\AA}_{\alpha}$, $\text{\AA}_{\beta}$ und $\text{\AA}_{\gamma}$ kann festgestellt werden, ob ggf. das Gitter gewechselt werden muss. Dies kann nötig sein, wenn speziell die Linien $\text{\AA}_{\alpha}$, $\text{\AA}_{\beta}$ und $\text{\AA}_{\gamma}$ durch das synthetische Spektrum noch nicht gut dargestellt werden.

Für die LMC sind drei Modellgitter verfügbar, die sich in ihrem Wasserstoffgehalt (und dementsprechend auch dem Heliumgehalt) unterscheiden. Ein Wechsel des Modellgitters kann durch die Anpassung des verwendeten Pfads (Variable PATH) erreicht werden. Diese lauten jeweils:

WNs mit 40% Wasserstoff (WNL)	~praktikum/skripte/d3/models/wnl40/
WNs mit 20% Wasserstoff (WNL)	~praktikum/skripte/d3/models/wnl20/
WNs ohne Wasserstoff (WNE)	~praktikum/skripte/d3/models/wne/

Für einige Standardgittermodell sind zusätzliche Versionen mit angepassten Windendgeschwindigkeiten (v_{∞}) verfügbar. Hat man ein Modell gefunden, welches das normalisierte Linienspektrum gut wiedergibt, kann man nun die spektrale Energieverteilung (engl.: spectral energy distribution, kurz SED) fiten. Hierfür müssen die Parameter Rötung (Variable EBVSMITH) und Leuchtkraft (Variable shift) angepasst werden, als Startwert bieten sich folgende Werte an $\text{shift}=0$ und $\text{EBVSMITH}=0.1$. Da die Linienstärke des normalisierte Emissionsspektrum bei gleicher Oberflächentemperatur und gleichem transformierten Radius unabhängig von den einzelnen in R_t eingehenden Parametern erhalten bleibt, kann die Leuchtkraft über die shift-Variable in einem gewissen Rahmen skaliert werden ohne das Emissionslinienspektrum abzuändern. Die Modell-SED sollte sowohl den allgemeinen Verlauf der Beobachtungsdaten reproduzieren, als auch etwa die Mitte der jeweiligen Photometrie Kästchen durchlaufen. Damit kann ein akkurater Flussverlauf für das Modell gewährleistet werden.

Bestimmung der Sternparameter

Die Bestimmung der stellaren Parameter erfolgt aus den Informationen des gewählten Modells, dessen Parameter auf der Webseite vorgestellt und erläutert werden. Nach dem Stefan-Boltzmann Gesetz gilt

$$L \propto R_*^2 \text{ bzw. } L \propto T^4,$$

zusammenfassend also:

$$L \propto R_*^2 \cdot T^4.$$

Der Sternradius ist bei konstanter Leuchtkraft also proportional zu T^{-2} . Durch Addition des shift-Parameters zur Leuchtkraft des Modells kann diese an die wahre Leuchtkraft des Stern angepasst werden.

Über den transformierten Radius ist die Massenverlustrate mit der Leuchtkraft verbunden und es gilt

$$R_t \propto \dot{M}^{-\frac{2}{3}} \text{ sowie } R_t \propto R_*$$

$$\Rightarrow \dot{M} \propto L^{-\frac{3}{4}}.$$

Mit den vorhergehenden Beziehungen ergibt sich somit der Zusammenhang $\dot{M} \propto T^{-2} \cdot R_t$.

Auswertung

Es ist ein praktikumsübliches Protokoll anzufertigen.

[Übersicht: Praktikum](#)

Last update:

2014/12/14
00:22

en:praktikum:wrstern <https://polaris.astro.physik.uni-potsdam.de/wiki/doku.php?id=en:praktikum:wrstern&rev=1418516522>

From:

<https://polaris.astro.physik.uni-potsdam.de/wiki/> - **OST Wiki**

Permanent link:

<https://polaris.astro.physik.uni-potsdam.de/wiki/doku.php?id=en:praktikum:wrstern&rev=1418516522>

Last update: **2014/12/14 00:22**

