

Praktikum 4 – Versuch 464: Spektroskopie von Sternen

Jonas Wortmann^{1*} and Angelo Brade^{1*}

^{1*}Rheinische Friedrich–Wilhelms–Universität, Bonn.

*Corresponding author(s). E-mail(s): s02jwort@uni-bonn.de; s72abrad@uni-bonn.de;

1 Einleitung

Sterne lassen sich anhand ihrer Spektrallinien klassifizieren. Eine prägnante Spektrallinie ist die H- α Linie. Ihre Breite gibt Auskunft über die Größe der Besetzungszahl der Wasserstoffatome in einem Stern. Mit dieser Information lassen sich Aussagen über die Beschaffenheit eines Sterns tätigen.

Sternwinde beschreiben die Abstoßung von Gas aus der äußersten Hülle eines Sterns aufgrund von Fusionsdruck. Für verschiedene Spektralklassen unterscheiden sich Sternwinde nicht nur in ihrer Masse und Geschwindigkeit, sondern auch durch ihre Ursache.

2 Teleskop

Das verwendete Teleskop ist vom Typ CASSEGRAIN, siehe Abb. (1). Mit Hilfe der Software *Cartes du Ciel*, können Sterne am Himmel ausgewählt werden und dann mit der Software *N.I.N.A* vom Teleskop angefahren werden. Mit dem Okular kann der Stern beobachtet werden und per Fernbedienung wird das Teleskop so ausgerichtet, dass der Stern genau mittig im Okular zu sehen ist.

2.1 Spektrograph

Der verwendete Spektrograph ist der DADOS–Spektrograph (2). Eine schematische Zeichnung ist in Abb. (3) zu sehen. Das eingehende Licht vom Teleskop trifft auf einen halbdurchlässigen Spalt, mit dem es sowohl in ein Okular als auch in einen Kollimator geleitet wird. Hinter dem Kollimator trifft das Licht auf ein Reflexionsgitter, bei dem es

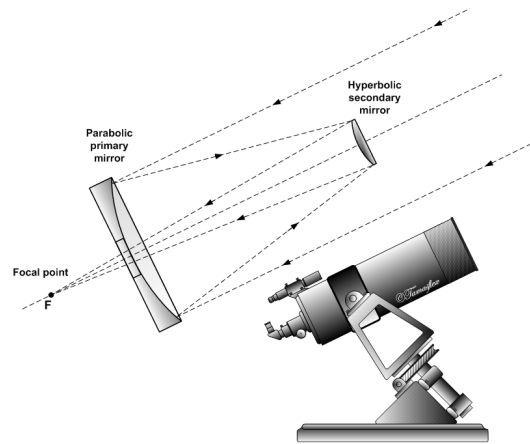


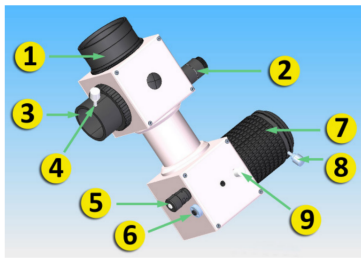
Abbildung 1 Schematische Darstellung eines CASSEGRAIN–Teleskops.[1]

in seine Wellenlängen aufgespalten wird. Mit Hilfe einer CCD kann dieses Licht eingefangen werden und als Absorptionsspektrum ausgelesen werden.

2.2 Kalibrierung

Um ein hochwertiges Bild mit dem Teleskop aufzunehmen, müssen verschiedene Kalibrierungen durchgeführt werden.

Der *dark frame* gleicht das thermische Rauschen der CCD aus. Durch eine gewisse thermische Energie der Elektronen, können diese aus dem Valenzband in das Leitungsband gehoben werden und dadurch in einen Potentialtopf der CCD gelangen. Um diese gemessenen Elektronen von dem eigentlichen light frame abzuziehen, wird ein



1. Teleskopanschluss
2. Spaltbeleuchtung an/aus
3. Nachführokular
4. Klemmschraube
5. Mikrometerschraube zur Einstellung des Spektralbereichs
6. Schraube zur Gitterhalterung
7. Drehfokussierung
8. Klemmschraube der Drehfokussierung
9. Klemmschraube der Mikrometerschraube

Abbildung 2 Der verwendete DADOS-Spektrograph mit Legende.[2]

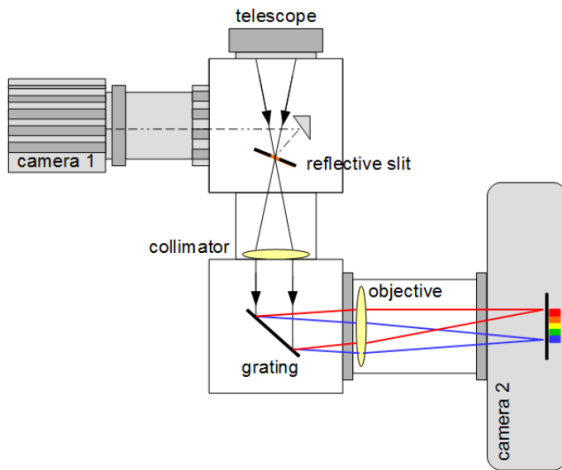


Abbildung 3 Schematische Zeichnung des DADOS-Spektrographen.[2]

Bild mit vollständig abgedunkelter CCD durchgeführt. Da dieses Rauschen im Mittel steigt, ist die Integrationszeit des dark frames gleich der Integrationszeit des light frames.

Der *Kalibrierungsframe* dient der Zuordnung der Wellenlänge zu den Pixeln. Mit einer Gasentladungslampe eines bekannten Gases wird ein Spektrum aufgenommen, um die Position der Emissionslinien (also den Wellenlängen) der Position der Pixel zuzuordnen.

3 Abhängigkeit der H- α Linie von der Spektralklasse

Sterne sind anhand ihrer Spektrallinien in verschiedene Klassen unterteilt, Abb. (4). Mit Hilfe der H- α Linie lassen sich Aussagen über die Menge an Wasserstoff in einem Stern tätigen und

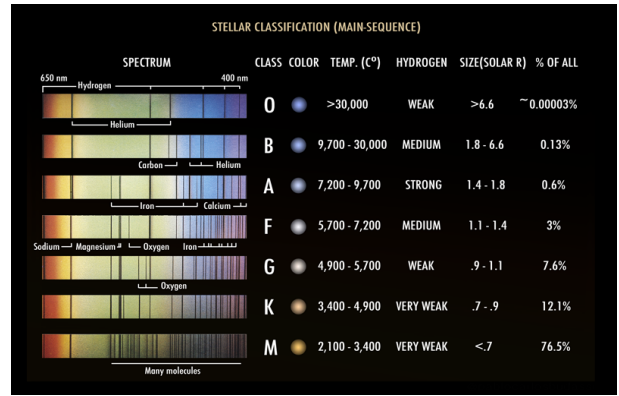


Abbildung 4 Spektralklassen der Sterne.[3]

damit auch über seine Eigenschaften und Entwicklung. In diesem Versuch wird die Besetzungszahl der Elektronen im $n = 2$ Niveau des Wasserstoffatoms berechnet und der Elektronendruck überprüft.

3.1 Theoretischer Hintergrund: Wasserstoff

Die H- α oder die Balmer- α Linie von Wasserstoff beschreibt den Übergang eines Elektrons in Wasserstoff von $n = 3$ auf $n = 2$. Mit Hilfe der SAHA-Gleichung kann die Besetzungszahl der Elektronen im $n = 2$ Zustand geschrieben werden als

$$n_2 = \frac{8p_e \lambda_{th,e}^3 e^{\chi/4k_B T}}{4k_B T + p_e \lambda_{th,e}^3 Z_{int,0}} \quad (1)$$

$$Z_{int,0} \approx 2e^{\chi/2k_B T} + 8e^{\chi/4k_B T} + \dots \quad (2)$$

Dies ist genau der Anteil an Elektronen im Wasserstoff, der die H- α Linie erzeugt. Für eine detailliertere Herleitung sei auf [2] und [4] verwiesen. Die Größe $p_e = 10$ Pa ist der Elektronendruck, deren Wert experimentell überprüft wird.

3.2 Theoretischer Hintergrund: Spektralklassen

Ein Stern durchläuft in seiner Lebenszeit auf der Hauptreihe verschiedene Fusionsprozesse. Dabei fusioniert dieser ausgehend von Wasserstoff zu immer schwereren Atomen, wodurch das Alter eines Sterns anhand seiner Zusammensetzung gedeutet werden kann. Aufschluss auf diese Zusammensetzung bietet eine spektralanalyse des Emissionsspektrums. Da verschieden schwere Atome Licht von unterschiedlichen Wellenlängen emittieren,

kann mit Hilfe eines Absorptionsspektrums (4) oder Emissionsspektrums auf die Zusammensetzung eines Sterns und damit auf das Alter oder die Temperatur geschlossen werden.

3.3 *Durchführung & Auswertung: Sternspektren*

3.3.1 *HD.*

3.3.2 *HD..*

3.3.3 *HD...*

4 Sternwinde

Sternwinde sind Massenabstoßungen in der Form von Gas aus der äußersten Hülle eines Sterns. Da diese von unterschiedlicher Masse und Geschwindigkeit sein können, beeinflussen sie die Entwicklung eines Sterns signifikant. Diese können unter anderem dazu beitragen, dass ein O-Stern in einen WR-Stern übergeht. Das Zwischenstadium bilden die LBV-Sterne, deren Sternwindgeschwindigkeiten in diesem Versuch bestimmt werden.

4.1 *Theoretischer Hintergrund: Sternwinde*

4.2 *Theoretischer Hintergrund: P Cygni Profil*

4.3 *Durchführung & Auswertung: P Cygni Profil*

5 Fazit

Literatur

- [1] Cassegrain reflector. https://en.wikipedia.org/wiki/Cassegrain_reflector. Letzter Zugriff: 2025-01-14
- [2] Praktikumsleitung: P464 spektroskopie von stern. Universität Bonn (2016)
- [3] Spektralklasse. <https://de.wikipedia.org/wiki/Spektralklasse>. Letzter Zugriff: 2025-01-14
- [4] Ionization, Saha Equation. <https://www.astro.princeton.edu/~gk/A403/ioniz.pdf>. Letzter Zugriff: 2025-01-16

6 Appendix