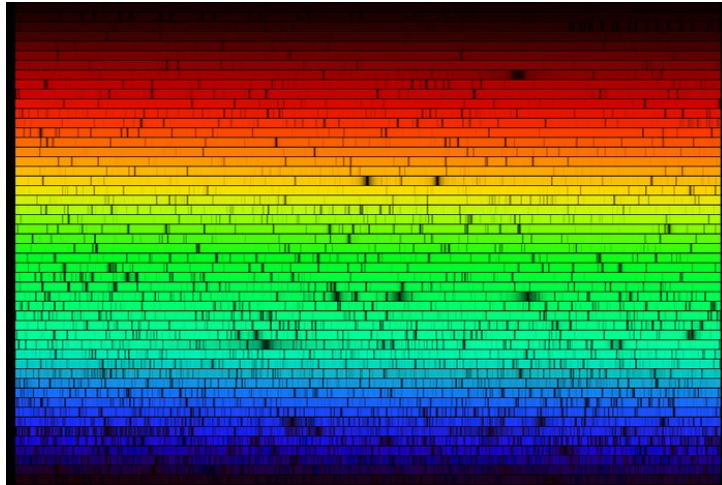


Sonnenspektrum / Vergleichslampen*

Stefan Meingast[†], Isak Niederbrunner[‡](Tutor)

WS 2024



1 Aufgabenstellung

Im Rahmen dieses Beispiels wird ein Spektrum der Sonne erstellt. Dies geschieht mit Hilfe des Rothschild Prismenspektrographen, des Silver-Nova Spektrometers, einer CCD-Kamera (Steuersoftware MaximDL) und einer Glühbirne zur Aufnahme eines Flatfields.

1.1 Überblick

Ziel ist die Erstellung eines wellenlängen-kalibrierten Sonnenspektrums, aufgenommen mit der vorhandenen CCD-Kamera, die am Coudé-Spektrographen montiert ist (siehe Abb. 1). Hierfür sind mehrere Arbeitsschritte notwendig.

*Basierend auf der Ausarbeitung von J.Hron, T.Kallinger, J.Öhlinger und W.W.Weiss.

[†]stefan.meingast@univie.ac.at

[‡]isak.niederbrunner@univie.ac.at

Zuerst werden die Geräte in Betrieb genommen und ihre Funktion getestet. Im Anschluss folgen eine Serie an Messungen, die für die Erstellung des Spektrums notwendig sind. Hierfür werden zuerst Bias- und Dark-Aufnahmen mit der CCD-Kamera erstellt.

Die Erstellung eines Flatfields stellt hierbei eine besondere Herausforderung dar, da wir bei diesem Experiment keine Lichtquelle mit einer flachen spektralen Energieverteilung zur Verfügung haben. Stattdessen wird ein Flatfield gegen eine weiße Fläche aufgenommen, die durch eine Glühbirne (annähernder Schwarzkörper) beleuchtet wird. Um die spektrale Energieverteilung der Glühbirne zu berücksichtigen, wird gleichzeitig mit dem Silver-Nova Spektrometer an derselben Fläche ebenfalls ein (bereits kalibriertes) Spektrum aufgenommen. Der Grundgedanke hinter diesem Arbeitsschritt ist, dass das am Coudé aufgenommene Flatfield mit Hilfe der Messung durch den Silver-Nova Spektrographen korrigiert wird, sodass die spektrale Energieverteilung der Glühbirne so korrigiert werden kann, dass sie einer flachen Emission gleichkommt.

Zur Wellenlängen-Kalibration steht eine Th-Ar-Lampe zur Verfügung, deren Emissionsspektrum in den Arbeitsunterlagen enthalten ist. Th-Ar-Spektren werden sowohl parallel zu den Flatfields als auch zu den eigentlichen Sonnenspektren aufgenommen.

Die Gewinnung der Sonnenspektren erfolgt durch eine auf den Spektrographenspalt ausgerichtete Glasfaser, die Sonnenlicht von draußen auf den Spalt bündelt. Mit diesen Aufnahmen kann nun eine gute Kalibration der Sonnenspektren gelingen.

In weiterer Folge wird das Sonnenspektrum weiter untersucht. Hierbei wird besonderes Augenmerk auf die verschiedenen Reduktionsschritte gelegt, als auch weitere Eigenschaften des Spektrums gemessen. Dazu gehören die spektrale Auflösung, eine Abschätzung des Signal-zu-Rausch-Verhältnisses und ein Vergleich mit einem Sonnenspektrum aus der Literatur.

Zusätzlich werden zur Veranschaulichung noch weitere Sonnenspektren erstellt, bei denen bestimmte astrophysikalisch relevante Filter im Strahlengang eingeführt werden. Die Bestimmung des Filtertyps stellt eine weitere Aufgabe dar.

Coudé spectrograph

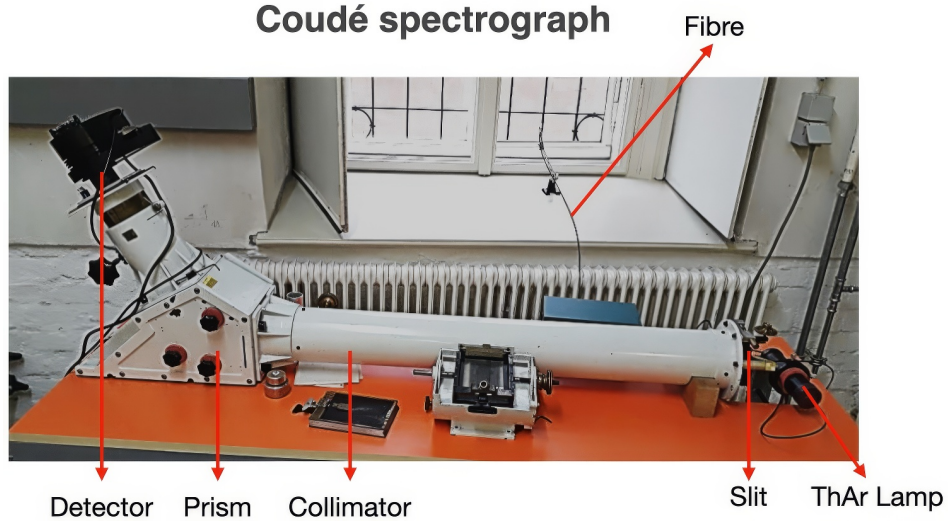


Figure 1: Komponenten des Coudé-Spektrographen: Die Anordnung umfasst (von links nach rechts) den Detektor, das Prisma, den Kollimator, den Spalt und die ThAr-Lampe, wobei die Faser Licht in den Spektrographen leitet.

1.2 Datengewinnung

In diesem Abschnitt werden die notwendigen Arbeitsschritte im Detail vorgestellt.

1. **Inbetriebnahme der CCD-Kamera:** Stromversorgung herstellen, Verbindung zum Computer via USB-Kabel, Verbindung zwischen Kamera und Filter, Kamera auf -5°C kühlen.
2. **Vertrautmachen mit dem Spektrographen:** Strahlengang, Position und Zweck optischer Elemente, Datenformat, Überprüfung verschiedener Funktionen.
3. **Fokussieren des Spektrographen:** Achtung: Dieser Schritt wird nur bei unbedingter Notwendigkeit ausgeführt, da der Fokussiermechanismus beschädigt ist!
4. **Bestimmung der optimalen Spaltbreite:** Veränderung der Spaltbreite mittels Schraube am vorderen Ende des Spektrographen.
5. **Inbetriebnahme des Silver-Nova Spektrographen:** Stromversorgung herstellen, Verbindung via USB-Kabel, Vertrautmachen mit der Steuersoftware.
6. **Vertrautmachen mit dem Silver-Nova Spektrographen:** Ausrichten der Faser auf verschiedene Lichtquellen, Einstellen der Integrationszeit, Datenformat, etc.
7. **Besprechung der notwendigen Aufnahmen:** Planung und Sinn der Aufnahme-serien.
8. **Erste Testaufnahme von Spektren bei eingeschaltetem Licht im Optik-labor:** Besprechung von verschiedenen Lichtquellen.
9. **Gewinnung von Bias- und Dark-Aufnahmen:** Verwendung der Autosave-Funktion in MaximDL. Hierbei sind Überlegungen bezüglich der notwendigen Integrationszeit erforderlich.
10. **Inbetriebnahme der Th-Ar-Lampe zur Gewinnung von Vergleichsspek-tren zur Wellenlängenkalibration:** Achten Sie darauf, dass die Stromversorgung für die Th-Ar-Lampe im Bereich von 5-10 mA liegt.
11. **Gewinnung von Flatfield-Aufnahmen:** Die Flatfield-Aufnahmen werden bei Licht einer Glühbirne gegen eine weiße Fläche ausgeführt. Alle anderen Lichtquellen sollen abgeschaltet oder verdeckt werden. Gleichzeitig wird die Faser des Silver-Nova Spektrographen auf dieselbe Fläche gerichtet. Mit beiden Instrumenten werden durch Überlegungen die Integrationszeiten bestimmt. Anschließend werden parallel mit beiden Instrumenten Aufnahmen des Flachfeldes gemacht.
12. **Aufnahme und Sicherung eines Flatfields für jeden zu verwendenden as-trophysikalisch definierten Filter:** Zu benutzen sind Filter mit den Bezeichnungen in der Software F und I. Dieser Schritt kann nur mit dem Coudé-Spektrographen durchgeführt werden.

13. Ausrichten der Faser auf Sonnenlicht und Aufnahme eines Sonnenspektrums: Aufnahme und Sicherung des Sonnenspektrums.

1.3 Fragestellungen

Dieser Abschnitt beschreibt die zu bearbeitenden Fragestellungen. Es ist wichtig, dass alle Arbeitsschritte, sofern sinnvoll, **durch grafische Darstellungen erläutert werden**, um die Methodik und Ergebnisse klar und nachvollziehbar zu präsentieren. Insgesamt können für die Bearbeitung der Aufgaben 20 Punkte erreicht werden. Die Punkteverteilung ist in der folgenden Auflistung angegeben:

- Darstellung Ziele, Versuchsaufbau und Durchführung. Beschreibung von Zweck und Methodik der Datenreduktion durch Kalibrationsaufnahmen (3 Punkte)
- Erstellung einer Wellenlängenkalibration mit dem Th-Ar Spektrum (2 Punkte)
- Erstellung eines wellenlängenkalibrierten Sonnenspektrums (1 Punkte)
- Vergleich des Sonnenspektrums bei verschiedenen Reduktionsschritten (kein Flatfield, nur Flatfield mit Glühbirne, Flatfield korrigiert mit dem Silver-Nova Spektrographen) (2 Punkte)
- Identifikation prominenter Linien im Sonnenspektrum und Vergleich des Sonnenspektrums mit der Literatur (3 Punkte)
- Bestimmung der (wellenlängenabhängigen) spektralen Auflösung des Coudé-Spektrographen (3 Punkte)
- Abschätzung des Signal-zu-Rausch-Verhältnisses im Th-Ar und Sonnenspektrum (3 Punkte)
- Identifikation des Typs der astrophysikalisch definierten Filter und Berechnung der effektiven Wellenlänge und Halbwertsbreite. (3 Punkte)

1.4 Auswertungshilfe

Sie finden eine Auswertungshilfe in Form eines Jupyter Notebooks im Moodle Kurs.

1.5 Tools

- astropy (astronomiespezifisches Python-Paket) <https://www.astropy.org>
- SAOImage DS9 (Darstellung von FITS-Bildern) <http://ds9.si.edu>
- Topcat (Tabellenkalkulationen) <https://www.star.bris.ac.uk/mbt/topcat/>

2 Protokolle

Für die hier aufgelisteten Aufgaben ist ein Protokoll abzugeben. Das Protokoll soll alle Aufgabenstellungen in [1.3](#) enthalten. Pro Gruppe ist ein Protokoll abzugeben, das in LaTeX verfasst werden soll. Verwenden Sie zur Erstellung des Dokuments das Ihnen bereits bekannte L^AT_EX-Template (Astronomy & Astrophysics documentclass; 2-column/standard). Sie finden dieses auch [auf Overleaf!](#)

Es soll ein möglichst zusammenhängender Text entstehen, der Ihnen auch später dabei helfen soll, nachzuvollziehen, wie die hier vorgestellten Arbeitsschritte durchgeführt wurden. Auf Moodle finden Sie einen Überblick zur richtigen Gestaltung Ihres Protokolls. **Das Protokoll ist bis zu den in Moodle genannten Terminen online als PDF abzugeben. Bei untenschuldigtem Nichteinhalten der Abgabefrist wird pro Tag ein Punkt abgezogen.**

Benennen Sie bitte Ihre Datei sinnvoll, z.B. GruppeXX_Nachname1_Nachname2.pdf.