

A dark blue vertical bar runs down the left side of the page. A blue arrow points to the right from this bar, containing the date.

1.10.2025

Spektrograph StarEx

Schritte zur Einrichtung

Autor: Christian Buil

Several thin, curved lines in dark blue and light grey originate from the bottom left corner and sweep upwards and to the right.

Matthias Kiehl

1. Ziel

Trotz sorgfältiger Montage und Einstellung eines Spektrografen auf einem Tisch berichten Beobachter häufig über folgendes Problem beim ersten Licht auf den Sternen:

Das Bild des Spaltes ist in der Führungskamera scharf und die Fokussierung des Teleskops wird als korrekt beurteilt (das Bild der Sterne ist in dieser Kamera gleichzeitig mit dem des Spaltes scharf). Außerdem erscheint das Bild des Spektrums auf einer ausgedehnten Quelle (Tageslicht, Mondausrichtung, Langzeitbelichtung bei Nacht vor dem Hintergrund des Himmels) scharf, d. h. das Spektrum ist in der Ebene der wissenschaftlichen Kamera gut fokussiert. Alles scheint in Ordnung zu sein, aber trotz all dieser positiven Signale erscheint das Spektrum eines Sterns, sobald man ihn anvisiert, ungewöhnlich verbreitert.

Die Sternlinien können zwar scharf bleiben, aber man ist weit davon entfernt, ein Spektrum zu erhalten, das entlang der Raumachse (senkrecht zur Streuung) auf einer sehr kleinen Anzahl von Pixeln konzentriert ist.

Der falsche Reflex ist hier, zu versuchen, das Teleskop neu zu fokussieren. Zwar ist es dann möglich, eine feinere Spur des Sternspektrums zu erhalten, aber gleichzeitig werden die Sterne in der Schlitz-Ebene defokussiert, was zu einem erheblichen Verlust des in den Spektrografen eintretenden optischen Flusses führt.

All dies sind Symptome einer unzureichend präzisen Einstellung des Kollimatorobjektivs. Der Spalt befindet sich nicht genau im optimalen Brennpunkt des Kollimatorobjektivs. Daher sind die Strahlen, die aus dem Kollimatorobjektiv austreten und von einem Punkt des Spalts ausgehen, nicht parallel, was zu Astigmatismus führt: Das Spektrum ist in einer Richtung scharf, in der senkrechten Richtung jedoch unscharf.

In diesem Hinweis wird erklärt, wie Sie dieses Problem beheben können, indem Sie die Sterne selbst beobachten (also nachts durch das Teleskop) und eine perfekte Einstellung des Instruments erzielen.

2. Montage/Einrichtung

Zur Veranschaulichung des Verfahrens stützen wir uns auf eine Konfiguration eines Spektrografen mit niedriger Auflösung, der an einem sehr offenen Newton-Teleskop mit $f/4$ verwendet wird. Diese Bedingungen gehören zu den schwierigsten für einen Spektrografen, da alle optischen Fehler hier verstärkt auftreten. Es ist wichtig zu beachten, dass das beschriebene Verfahren ebenso auf einen hochauflösenden Spektrografen anwendbar ist, der beispielsweise bei $f/8$ betrieben wird.

Das verwendete Teleskop ist das Modell Sky-Watcher Quattro 150P mit einem Durchmesser von 150 mm und einer Brennweite von 600 mm, das auf einer ZWO AM5-Montierung befestigt ist:



Spektrograph Star'Ex am 150mm Newton.

Die Wissenschaftskamera ist ein Modell Player One Uranus M Pro und die Führungskamera ist ein Modell ZWO ASI290MM:



Eine wesentliche Eigenschaft, über die ein Spektrograph verfügen muss, ist die Möglichkeit, die optische Brennweite des Objektivs vor Ort präzise einzustellen, ohne dass eine Demontage erforderlich ist. Dies ist beispielsweise bei der Version Azut3DPrint von Star'Ex der Fall, bei der diese Einstellung durch Drehen eines Rädchens in die eine oder andere Richtung vorgenommen werden kann.



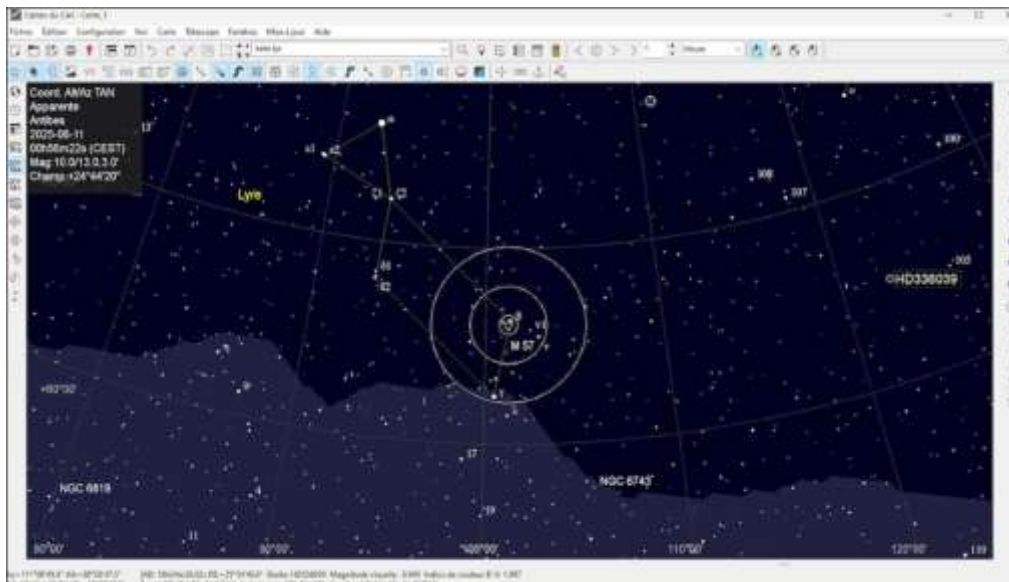
Eine wesentliche Eigenschaft, über die ein Spektrograph verfügen muss, ist die Möglichkeit, die optische Brennweite des Objektivs vor Ort präzise einzustellen, ohne dass eine Demontage erforderlich ist. Dies ist beispielsweise bei der Version Azut3DPrint von Star'Ex der Fall, bei der diese Einstellung durch Drehen eines Rädchens in die eine oder andere Richtung vorgenommen werden kann.

3. Vorgehensweise

Die Erfassungen werden mit der Software CCDciel von Patrick Chevalley durchgeführt. Informationen zur Installation und Verwendung dieser Software finden Sie in diesem Dokument:

https://buil.astrosurf.com/CCDCiel/Aide_CCDciel.pdf.

Zeigen Sie auf einen Stern der Magnitude 3 bis 5. In unserem Beispiel nehmen wir den Stern Beta Lyra (Shelyak) ins Visier, der interessante Emissionslinien aufweist, wodurch sich die Einstellungen noch besser kontrollieren lassen:



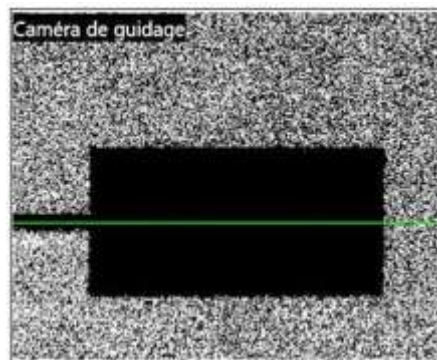
Der Zielstern im Sucher (Modell Sky Watcher Evostar 50) und in der Führungskamera:



Die Reihenfolge der Arbeitsschritte ist entscheidend, es ist wichtig, davon nicht abzuweichen. Hier sind die Schritte, die nacheinander durchgeführt werden müssen.

Schritt 1

Stellen Sie vor einem hellen, gleichmäßigen Hintergrund (z. B. in der Dämmerung) die



Führungskamera so ein, dass Sie ein scharfes Bild des Spaltes erhalten:

Sie müssen diese Einstellung später nicht mehr ändern.

Schritt 2

Anfangs werden Ihre Sternbilder wahrscheinlich unscharf sein (während der Spalt scharf ist):

Stellen Sie die Fokussierung des Teleskops ein, um ein scharfes Bild der Sterne in der Ebene des Eingangsspalt zu projizieren und scharfe Sternbilder zu erhalten:



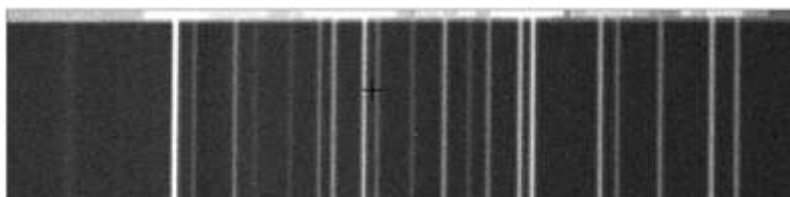
Sie dürfen diese Einstellung nicht mehr verändern.

Schritt 3

Die Wissenschaftskamera fokussieren, um ein scharfes Bild der Spektrallinien zu erhalten:



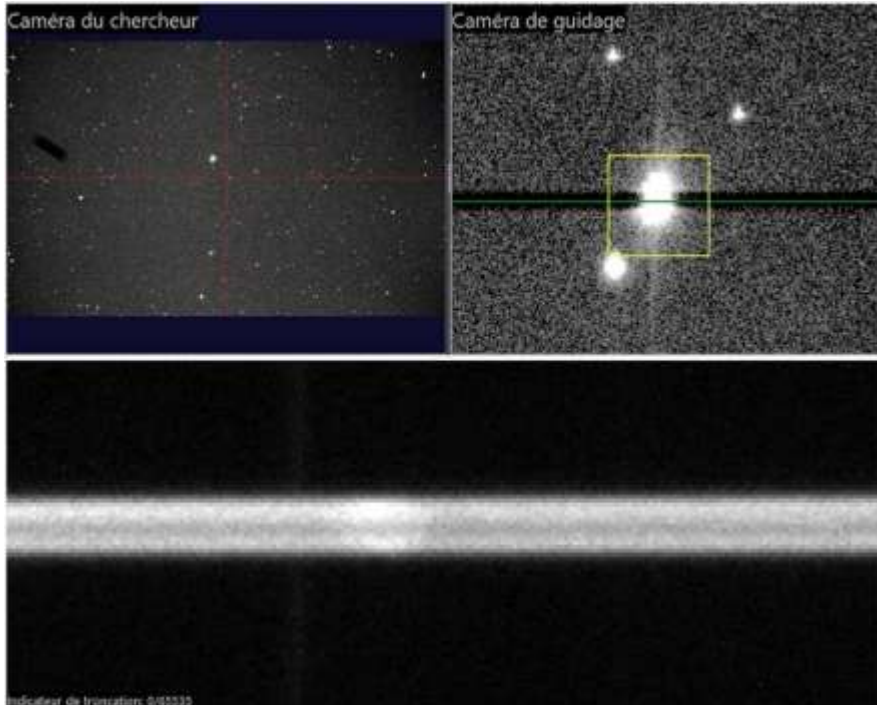
Im folgenden Beispiel verwenden wir Emissionsspektrallinien einer Neonlampe, die die gesamte Eintrittspupille des Teleskops beleuchtet. Wenn die Lampe klein ist, reicht es aus, sie während der Belichtung vor dem Eingang des Teleskops zu schwenken.



Sie können auch die Dämmerung nutzen, um denselben Fokus auf das Sonnenspektrum des Tageslichts zu erzielen. Diese Einstellung ändern Sie nicht mehr.

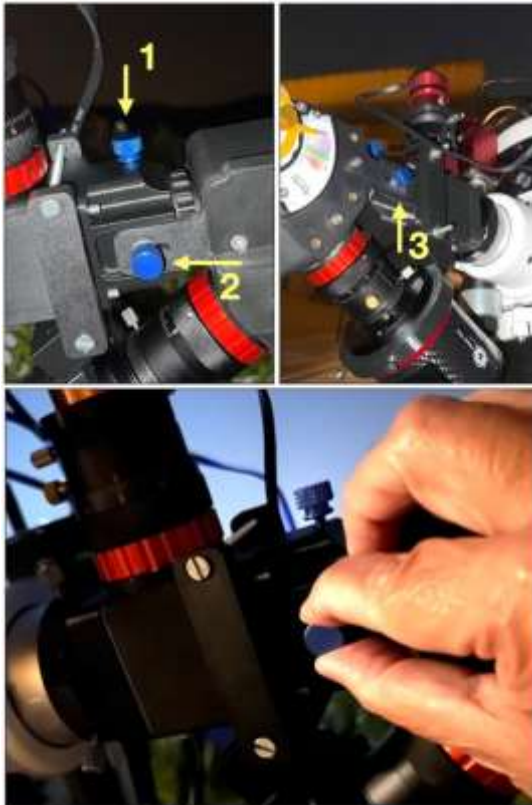
Schritt 4

Nehmen Sie das Spektrum des Sterns auf (hier eine Belichtungszeit von 5 Sekunden, mit einem Zoom, der auf die Halpha-Emissionslinie fokussiert ist, aber Sie können auch einen „normaleren“ Stern anvisieren):



Das Spektrum des Sterns erscheint im unteren Teil. Es ist wichtig, die richtige Diagnose zu stellen. In diesem Beispiel ist die Spektrumsspur breit, was nicht zufriedenstellend ist und was wir korrigieren möchten. Der horizontale Strich in der Mitte der Spur ist das Bild der zentralen Obstruktion des Hauptspiegels des Teleskops, das sichtbar ist, weil die Spur aufgrund des Astigmatismus entlang der vertikalen Achse defokussiert ist. Wir werden nun die Position des Kollimatorblocks durch Verschiebung anpassen.

Lösen Sie beim Gerät Star'Ex LR die Schraube 1 vollständig (siehe Abbildung unten). Lösen Sie auch die Schrauben 2 und 3, wobei Sie einen leichten Druck ausüben sollten, damit sich der Kollimatorblock mit angemessener Reibung bewegen kann. Das System ist sicher, aber aus Vorsichtsgründen und für mehr Komfort wird dringend empfohlen, einen Stern so auszurichten, dass die optische Achse des Kollimators in einer annähernd horizontalen Position ist.



Drehen Sie den Einstellring des Blocks zunächst um eine halbe Umdrehung in eine Richtung. Vergewissern Sie sich, indem Sie auf den Hauptkörper von Star'Ex drücken, dass dieser fest auf dem Ring aufliegt, wenn Sie ihn abschrauben müssen.



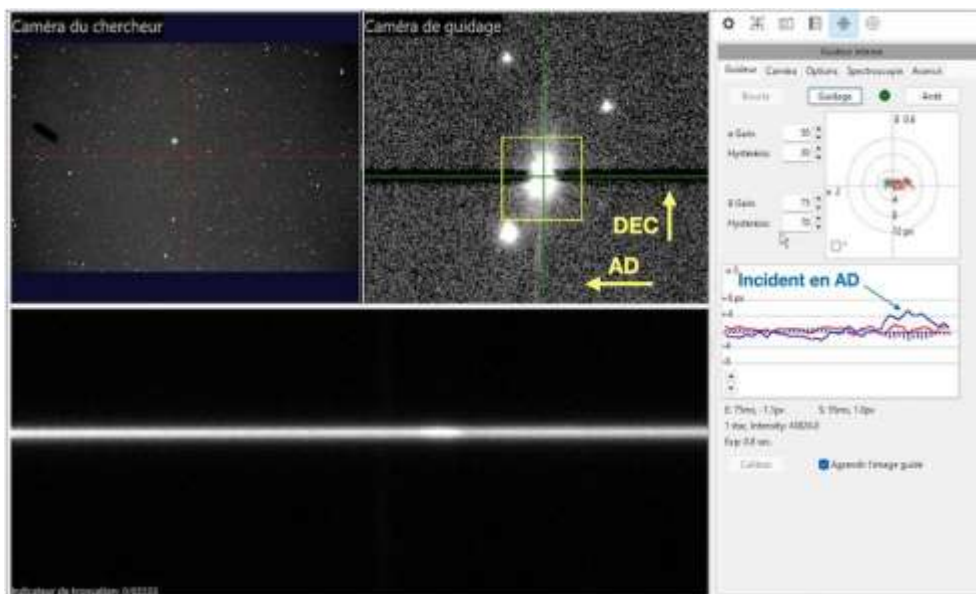
Zentrieren Sie den Stern und erstellen Sie ein neues Spektrum. Wenn sich die Spur verbreitert, müssen Sie natürlich den Einstellring in die entgegengesetzte Richtung drehen. Durch Ausprobieren (mit einer Einstellung von 1/10 Umdrehung) erhalten Sie ein Ergebnis, das in etwa so aussieht:



Alles ist gleichzeitig scharf: der Spalt, die Sterne im Führungsbild und das Spektrum mit einer feinen Spur. Ziehen Sie die Schrauben 1, 2 und 3 fest. Alles ist arretiert und Sie müssen den Kollimatorblock nie wieder einstellen, diese Einstellung hält ein Leben lang.

Schritt 5

Ihr Spektrograph ist nun voll funktionsfähig: Er liefert klare und helle Sternspektren. Routinemäßig müssen Sie lediglich überprüfen, ob die Sterne korrekt auf den Spalt fokussiert sind (die Schärfe kann je nach dem angepeilten Punkt am Himmel variieren). Tipp: Beachten Sie, dass der Spalt in allen diesen Beispielen horizontal ist und dass der Spektrograph so auf das Teleskop ausgerichtet ist, dass die Längsachse des Spalts entlang der Deklinationsebene verläuft. Auf diese Weise verbreitert ein Vorlauf auf der Stundenachse das Spektrum, aber das letztlich aufgezeichnete Signal bleibt



unverändert (nach dem Binning), was am wichtigsten ist.

