

Der StarAnalyzer 100 als Objektivgitter an einem Zeiss Sonnar 135 mm Teleobjektiv

Oskar Pircher

August 2018

Das Transmissionsgitter der Fa. Paton Hawksley ist herstellerseitig dazu gedacht, wie ein Filter in ein Okular bzw. mittels eines entsprechenden Adapter mit entsprechendem Filtergewinde zwischen Teleskop und Kamera eingebracht zu werden. In dieser Anordnung durchläuft der einfallende Lichtstrahl eines zu spektroskopierenden Sternes das Gitter als divergierender Strahl entsprechend der Öffnungszahl des Teleskops. Dadurch trifft das Licht bei jeder Gitterfurche in einem anderen Winkel auf das Gitter, wodurch an jeder einzelnen Gitterfurche ein anderer Beugungswinkel verursacht wird. Dies hat zur Folge, dass die Ausbildung der Intensitätsmaxima gleichsam verschmiert und das Auflösungsvermögen des Gitters erheblich gemindert wird.

Zudem wird bei sinnvollem Abstand zwischen Gitter und Bildsensor das Gitter nur zum Teil ausgeleuchtet. Es stehen daher für die spektrale Auflösung gegenüber der freien Öffnung des Gitters deutlich weniger Gitterlinien zur Verfügung. Da jedoch die Zahl der Linien das Auflösungsvermögen in grundsätzlicher Weise bestimmt, ist dies ein weiterer Umstand, der das spektrale Auflösungsvermögen mindert. Bei der zuletzt von mir verwendeten Konfiguration mit dem Newton-Reflektor R 135 S von Vixen (Öffnung 135 mm, Brennweite 720 mm) und dem StarAnalyzer 100 in einem Abstand von ca. 50 mm vor dem Bildsensor der Kamera SkyRis 132 M konnte ich das tatsächliche Auflösungsvermögen $R (\lambda/\Delta\lambda)$ mit ca. 150 abschätzen.

Bei Verwendung des StarAnalyzers als Objektivgitter wird dessen volle freie Öffnung von ca. 24 mm vom parallel einfallenden Sternenlicht ausgeleuchtet, was ein deutlich höheres Auflösungsvermögen ermöglicht. Die geometrische Dispersion ($\Delta\lambda$ pro Pixel) wird in diesem Fall durch die Brennweite der Optik bestimmt, die Verwendung meines Zeiss Sonnar Teleobjektivs mit 135 mm Brennweite schien mir für einen ersten Versuch geeignet. Dieses Objektiv hatte ich vor geraumer Zeit über Ebay gebraucht erstanden. Es hat einen M 42 Gewindeanschluss und kann mit entsprechenden Adaptern an digitale Spiegelreflexkameras (DSLR) als auch an meine Planetenkamera SkyRis 132 M von Celestron bzw. an die Modelle ASI des Herstellers ZWO angepasst werden.

Zu Versuchszwecken habe ich den StarAnalyzer mittels einer zurecht geschnittenen Scheibe aus Pappe im Filtergewinde des Objektivs befestigt. Das Objektiv wird mittels einer selbst gefertigten Schelle und einer Prismenschiene auf einer parallaktischen Montierung angebracht.

Anders als bei Verwendung eines Teleskops steht nurmehr die freie Öffnung des Gitters von ca. 24 mm Durchmesser für den Lichteinfall zur Verfügung, so dass diese Methode nur bei sehr hellen Sternen angewendet werden kann. Jahreszeitlich bedingt bot sich Wega für erste Versuche an, nicht zuletzt wegen der

Möglichkeit der Kalibrierung des Spektren anhand der Absorptionslinien der Balmerreihe des Wasserstoffes, die sich bei diesem Stern der Spektralklasse A0 deutlich zeigen.



Abb. 1 Der StarAnalyzer 100 im Filtergewinde des Zeiss Sonnar 135 mm Tele

Spektralaufnahmen mit der Canon 1000 D, astromodifiziert (ohne IR-Sperrfilter)

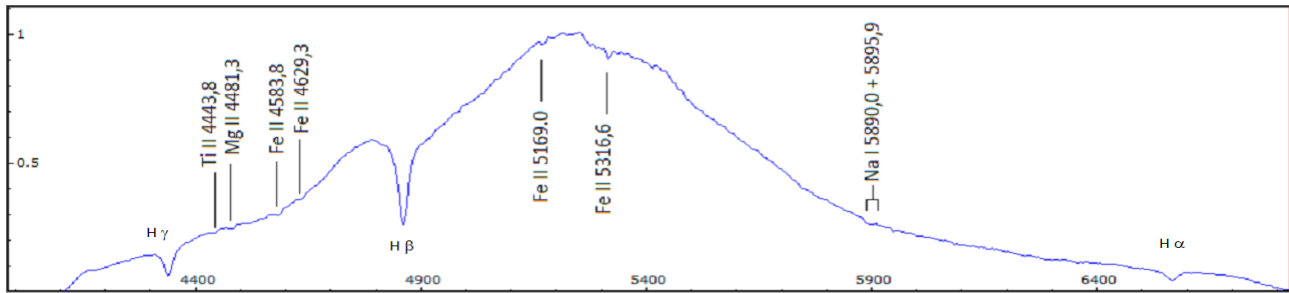


Abb. 2 Spektralprofil α Lyrae (Wega), 14.06.2018, StarAnalyzer 100 als Objektivgitter, Zeiss Sonnar 135 mm, Canon 1000 D astromodifiziert

Am 14.06.2018 wurden zwischen 21:37 Uhr und 21:40 Uhr UT 12 Aufnahmen zu je 5 Sekunden bei ISO 400 aufgenommen. Korrekturen erfolgten mit Offset-, Dark- und Flataufnahmen. Auf dem Sensor konnte das Spektrum nullter Ordnung (Abbild des Sterns) mit aufgenommen werden, das Überlagern der Bilder erfolgte anhand des Sternabbildes. Die Erstellung und Kalibrierung des Spektralprofils sowie die Zuordnung von Elementen erfolgte mittels Vspec. Hilfreich war hierbei der Spektralatlas von Wega von Christian Buil¹⁾. Die Dispersion des Spektrums beträgt 4,275 Angström pro Pixel.

Der Sensor der Kamera zeigt eine geringe Empfindlichkeit im blau-violetten sowie im roten Bereich, es lassen sich damit nur die Wasserstofflinien $H\alpha$, $H\beta$ und $H\gamma$ abbilden. Dies schränkt die Verwendung der Kamera für Spektralaufnahmen ein. Die Größe des Sensors ermöglicht jedoch, das Spektrum der nullten Ordnung mit aufzunehmen und das anhand der Balmerlinien kalibrierte Spektrum eines Sterns der Spektralklasse A als Referenzspektrum zur Kalibrierung anderer Spektren zu verwenden²⁾.

Spektralaufnahmen mit der Celestron SkyRis 132 M

Diese Aufnahmeserie entstand am 31.07.2018 zwischen 20:16 Uhr und 20:35 Uhr UT. Das Bild des jeweiligen Spektrumstreifens stelle ich zusammen mit dem sich ergebenden Profil dar, da sich aus den Bildern der Spektralbereich erkennen lässt, auf den jeweils fokussiert wurde (Abb. 3). Beim obersten Bild lag der Fokus im Bereich der $H\beta$ Linie, das Spektrum ist in etwa von der $H\gamma$ Linie bis weit in den gelben Bereich scharf abgebildet. Zu kürzeren als auch zu längeren Wellenlängen hin wird das Spektrum aufgrund nicht vollständig korrigierten chromatischen Aberration der Optik zunehmend unschärfer und weniger hell. Bei den folgenden Aufnahmen wurde jeweils etwas weiter zu den kürzeren Wellenlängen hin fokussiert, was auch zu Folge hatte, dass auch die Bereich längerer Wellenlängen schärfer abgebildet wurden. Dies mag zunächst überraschen, lässt aber letztendlich auf das Design wie auch auf die Güte der Korrektur des Farbfehlers schließen. Eine interessante Nebenerkenntnis. Die scharfen Bereiche werden mit zunehmender Verschiebung der Fokuslage immer kürzer. Zur Aufnahmetechnik sei noch angemerkt, dass pro Fokuslage jeweils mehrere Serien mit je 10 Bildern aufgenommen wurden. Die Belichtungszeit betrug 1 Sekunde pro Bild, längere Belichtungszeiten lässt die Kamerasoftware nicht zu. Zwischen den Serien erfolgte ein Versatz sowohl in Rektaszension als auch in Deklination, um die zahlreichen Hotpixel des Bildsensors ausmitteln zu können. Es erfolgte nur eine Korrektur mit Darks. Der Abzug der Darks reichte offensichtlich aus, um den Himmelshintergrund vollständig zu eliminieren. Dies ist bemerkenswert, da die Aufnahmen noch während der nautischen Dämmerung und erkennbarer Aufhellung des Himmels durch Siedlungsbeleuchtung entstanden. Überlagert wurden die Bilder anhand der jeweils am schärfsten abgebildeten Absorptionslinie.

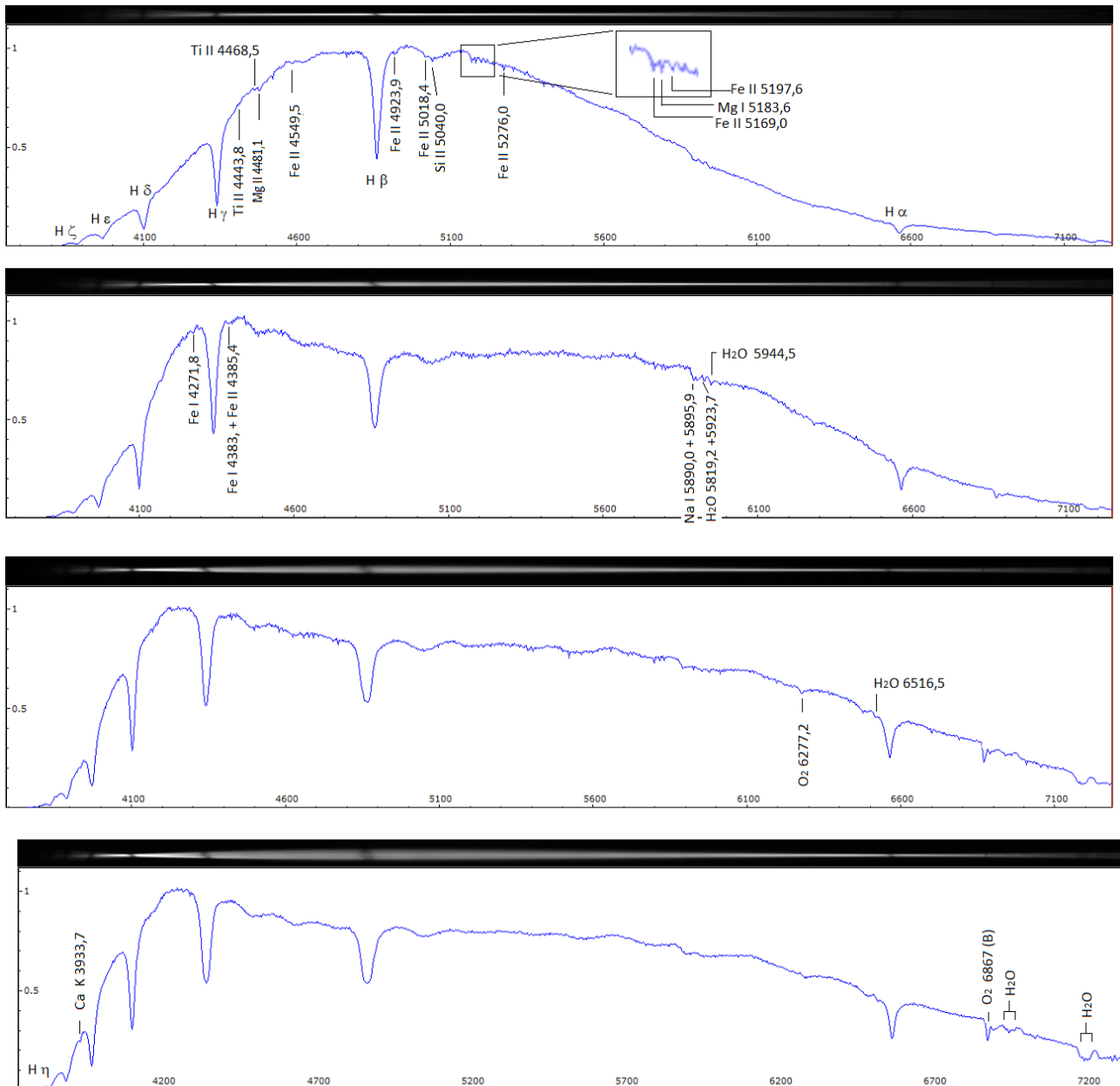


Abb. 3 Spektralprofile α Lyrae (Wega), 14.06.2018, StarAnalyzer 100 als Objektivgitter, Zeiss Sonnar 135 mm, Celestron SkyRis 132 M

Der spektrale Umfang reicht von ca. 380 nm bis in der Bereich des nahen Infrarot, der auf dem kleinen Sensor der SkyRis 132 M nicht mehr vollständig abgebildet werden konnte. Die Dispersion beträgt ca. 2,8 Angström pro Pixel und differenziert vermutlich wegen den unterschiedlichen Fokuslagen bzw. den sich dadurch ergebenden Unterschieden in der Brennweite.

Aus dem unterschiedlichen Intensitätsverlauf der Spektralprofile zeigt sich, das die Response des eingesetzten Instrumentariums von der Fokusslage wesentlich beeinflusst wird.

Die mit den bereits bei der Aufnahme mit der Canon 1000 D genannten Hilfsmitteln sicher identifizierten Absorptionslinien sind in die Abbildungen eingetragen. Es deuten sich noch weitere Linien an, die keine ausreichend Übereinstimmung mit den Angaben bei Buil ergaben. Mit Vspec konnte ich die FWHM der Fraunhoferschen B-Linie im untersten Bild mit 11 Angström ermitteln, daraus ergibt sich eine spektrale Auflösung R von ca. 600. Die theoretische Auflösung, gemessen an der Zahl der Linien des Gitters von 100 Linien/mm \times 24 mm = 2400 Linien, wurde damit zu $\frac{1}{4}$ erreicht.

1) <http://www.astrosurf.com/buil/us/vatlas/vatlas.htm>.

2) http://spektroskopie.vdsastro.de/files/pdfs/StarAnalyzer_Pircher.pdf