

# Der DADOS Spektrograph - Ein Erfahrungsbericht

von Sebastian Heß

## Der Spektrograph

Seit einiger Zeit liefert nun die Firma Baader Planetarium den, zusammen mit dem Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik entwickelten, DADOS - Spaltspektrographen aus. Es handelt sich um einen der wenigen, als Komplettsystem erhältlichen Spektrographen. Hiervon können sowohl Einsteiger, als auch "alte Hasen" durchaus profitieren. Dieser Erfahrungsbericht soll einen kleinen Einblick in erste Erfahrungen mit dem DADOS geben und einige der Möglichkeiten aufzeigen, die sich dem geneigten Amateurastronomen nun mit diesem Gerät ohne viel Aufwand erschließen.



Abb. 1: Der DADOS Spektrograph, montiert am C8 des Verfassers

DADOS ist das spanische Wort für Würfel oder Würfelspiel. Sehr passend für das, im wesentlichen aus zwei miteinander verbundenen Metallquadrern bestehende System. In dem ersten Würfel befindet sich eine Optik, durch welche das Bild des eingestellten Objektes auf ein Okular oder eine vom Beobachter an dieser Stelle zu verwendende Positionier- und Nachführ - CCD umgelenkt wird. Nach der Positionierung des Objektes auf einem der drei hier angebrachten Spalte unterschiedlichen Durchmessers gelangt ein Teil des Lichtstrahls in den zweiten Würfel, in welchem sich das austauschbare Reflexionsgitter befindet.

Dabei handelt es sich bei den von Baader vertriebenen Gittern um "geblazte" Gitter. Diese Gitter sind durch einzelne, leicht angeschrägte Spiegelflächen so präpariert, dass das Licht bevorzugt in eine der vielen spektralen Ordnungen gebeugt wird, in welche Gitter einen Lichtstrahl im Normalfall aufteilen. Hierdurch wird deutlich weniger Licht sinnlos verschwendet. Durch den relativ einfach gehaltenen Umbau des Gitters sowie der zu jedem Zeitpunkt möglichen Wahl des Spaltes hat der Beobachter generell eine hohe Flexibilität bei der Entscheidung zwischen Helligkeit (und damit kurze Belichtungszeiten) sowie der spektralen Auflösung. Diese Entscheidung ist vor allem von dem jeweiligen Objekt abhängig.

Der Spektrograph wird abgerundet durch eine Fokussieroptik, die in einem 90 Grad Winkel hinter dem Gitter angebracht ist und sich mithilfe einer kleinen Schraube feststellen lässt, so daß im Normalfall alle Aufnahmen eines Abends mit der gleichen Einstellung gefahren werden können. In diesem Zusammenhang hat sich auch der von der Firma Baader Planetarium mitgelieferte Schwalbenschwanz Aufsatz bewährt, mit dessen Hilfe das komplette Kamerasystem abgenommen und wieder angebracht werden kann, ohne dass, sich der Fokuspunkt verstellt. Zur Einstellung des sichtbaren Spektrenausschnitts kann zusätzlich an einer Mikrometerschraube der Winkel eingestellt werden unter dem das am Gitter erzeugte Spektrum beobachtet wird. Hierzu wird der Kippwinkel des Gitters selbst leicht variiert. Auch dieser lässt sich mit einer Schraube fixieren.

### Erste Erfahrungen

Damit sind wir im Übergang zu den ersten Erfahrungen mit dem Gerät. Abb. 2 zeigt zwei Spektren der H $\alpha$ -(Balmer)-Linie des Wasserstoffs in dem Spektrum des spektroskopischen Doppelsterns  $\beta$  Aurigae mit nur einem Tag Abstand. Durch die abwechselnde Bewegung der beiden Sterne in Richtung des Beobachters oder auch von ihm weg, werden die Lichtwellen des Spektrums gestaucht oder auseinandergezogen. Hierdurch erscheinen Linien im Spektrum in regelmäßigen Abständen doppelt. Die Linien auf der rechten Seite liegen bereits im infraroten Bereich des Spektrums und entstehen in der Atmosphäre unserer Erde, weshalb sie von der Verdopplung ausgenommen sind.

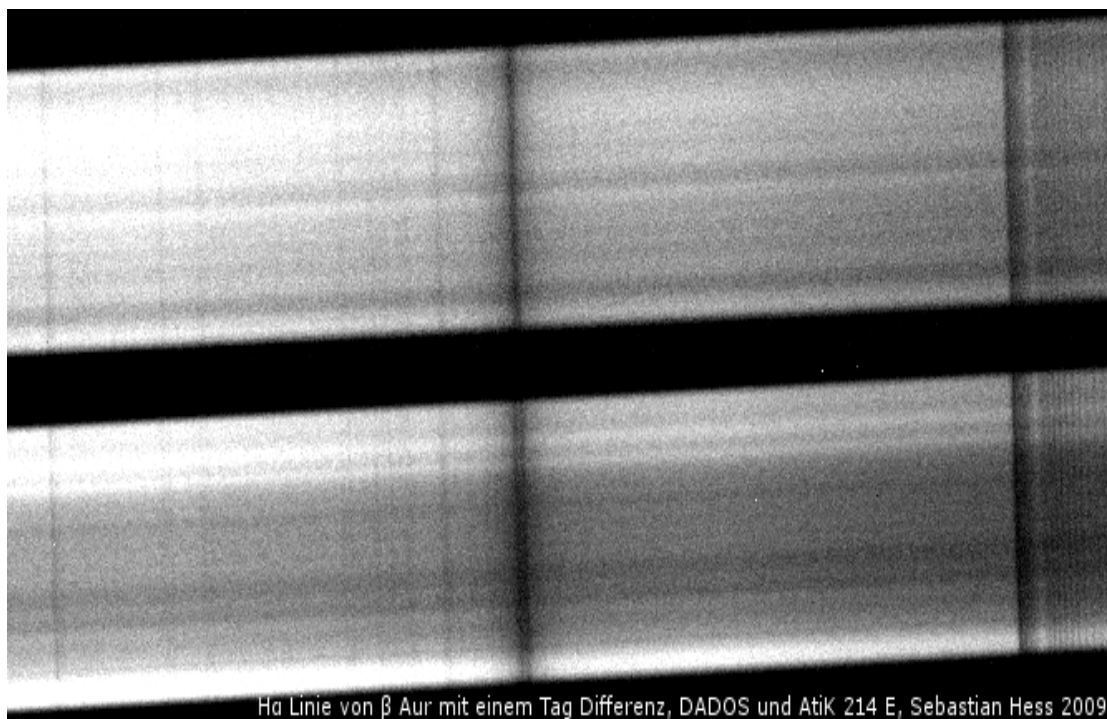


Abb.2: Die H $\alpha$ -Linie des spektroskopischen Doppelsternes  $\beta$  Aurigae

Diese Aufnahme zeigt recht deutlich, was mit dem DADOS Spektrographen und recht einfachen Mitteln bereits möglich ist. Um es zu unterstreichen: Um einen so hellen Stern wie  $\beta$  Aurigae ( $\sim 1.9$ mag) zu spektroskopieren, reicht ein kleines Teleskop mit einer einigermaßen gut ausgerichteten Montierung, ein wenig Fingerspitzengefühl bei der Nachführung und 2 Nächte mit 20 Minuten klarem Himmel. Allerdings ist eine leichtgewichtige (wegen des 90 Grad Winkels der Fokussieroptik) und gekühlte Kamera mit möglichst kleinen Pixeln sehr hilfreich. Obere Aufnahme entstand zum Beispiel mit einer Atik 214 E.

Leider - und hier wären wir bei einem kleinen Kritikpunkt - lässt sich das System nur recht schwer fokussieren. Dies liegt an Abbildungsfehlern, die aufgrund der gewählten 90 Grad Geometrie zwischen dem einfallendem Lichtstrahl und der das Spektrum abbildenden Optik in der Kombination mit dem Beugungsgitter an den Rändern der Linien entstehen. Diese können durch eine entsprechende Zeitinvestition in eine exakte Fokussierung nahezu ausgeglichen werden. Am besten man lässt das System - einmal fokussiert - immer in dieser Position zusammengebaut, oder verwendet wirklich ausschließlich den Schwalbenschwanz, um einen Wechsel, etwa zwischen Kamerasystemen und einem Okular durchzuführen.

Gerade im Umgang mit DSLR Kameras, kann es sich es sich - aufgrund der ansonsten mühsamen Fokussiermöglichkeiten auf dem kleinen Bildschirm - durchaus lohnen, ein Fokussierokular zu verwenden. Dann ist es sinnvoll, einen zweiten Schwalbenschwanzaufsatz sowie Verlängerungsadapter für die Okulare mitzubestellen. Hier muss der geneigte Beobachte selbst ein wenig basteln, um die für ihn optimale Kombination zu finden. Für die Fokussierung eignen sich dann vor allem sehr helle, flächenhafte Objekte mit scharfen Linienstrukturen, wie etwa den Fraunhoferlinien des am Mond reflektierten Sonnenlichtes (siehe Abb3.). Falls kein Mond erstrahlt, bietet sich die optional mitzubestellende Neonglimmlampe an. Sie liefert gute Dienste wenngleich sie den Nachteil hat, dass man in der momentan angebotenen Konfiguration des DADOS, das System zur Fokussierung oder der Kalibration vom Teleskop abnehmen muss.

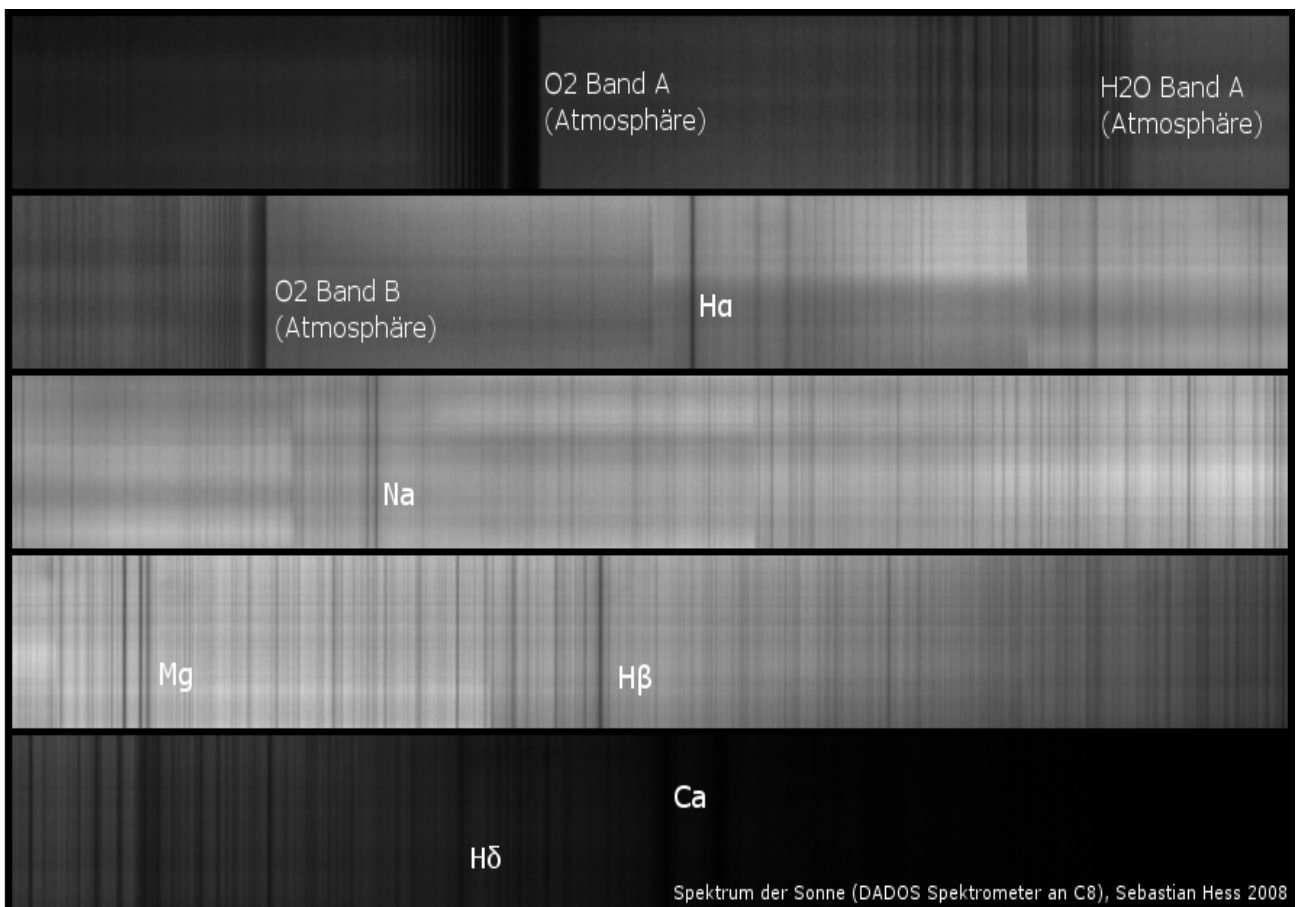


Abb.3: Das Spektrum des am Mond reflektierten Sonnenlichtes zeigt deutliche Fraunhofer - Linien.

## Gitterwechsel und Versuche mit DSLR Kameras

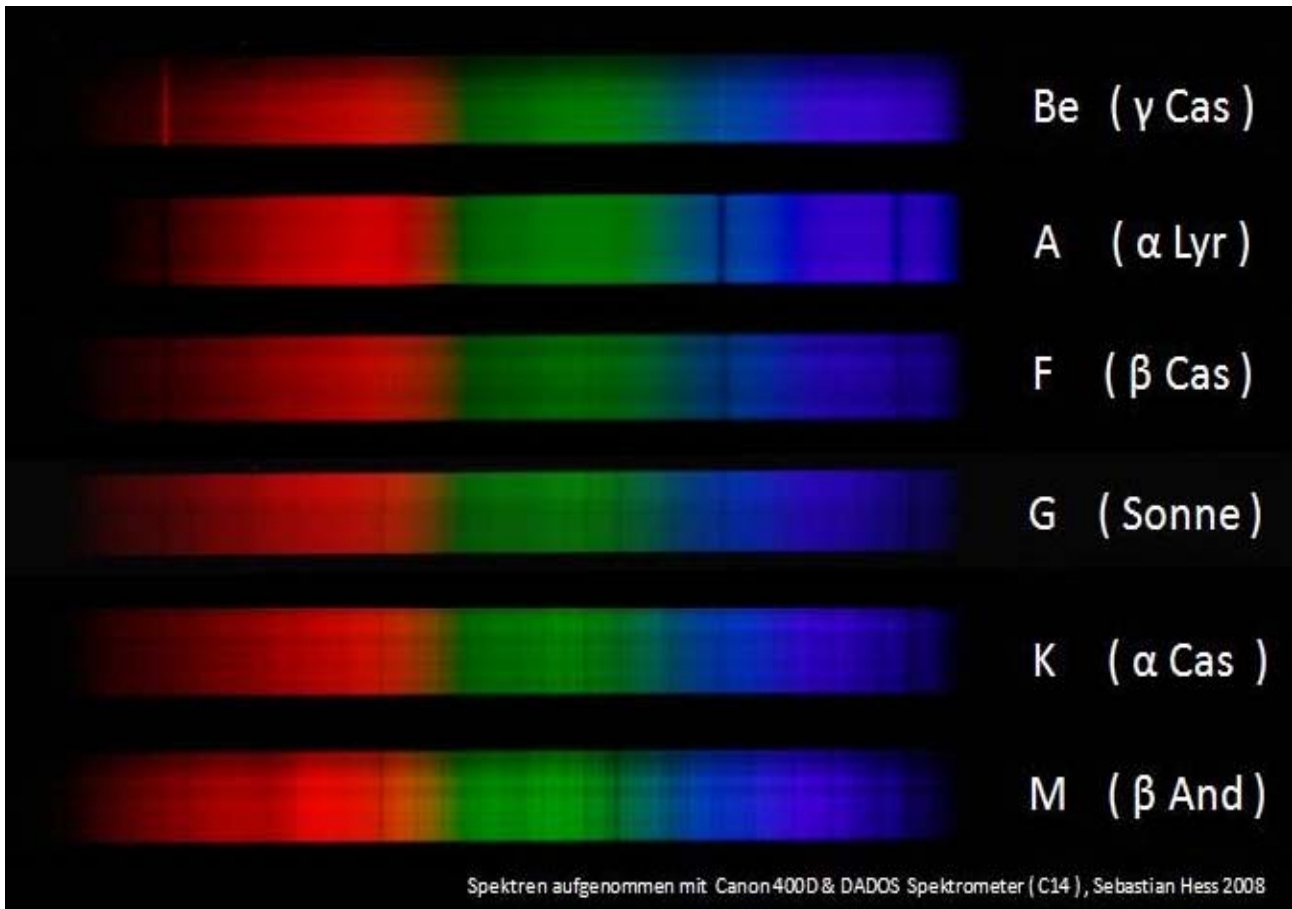


Abb.4: Spektren von Sternen verschiedener Spektralklassen.

Auch wenn es verlockend ist, immer mit der maximal möglichen Auflösung zu arbeiten: gerade bei dunkleren Objekten, oder wenn man einen größeren Ausschnitt mit einer einzigen Aufnahme abdecken möchte, kann es durchaus Sinn machen, zu dem standardmäßig mitgelieferten 200 Linien/mm Gitter zu wechseln. Für diesen Eingriff sollte man sich eine saubere Arbeitsumgebung schaffen und möglichst vorher die notwendigen Arbeitsschritte durchgegangen sein, damit das Gitter nicht unnötig lange der Gefahr einer Verunreinigung ausgesetzt ist. Wenn man sich noch die notwendigen Arbeitsmaterialien, zurecht legt, ist der eigentliche Vorgang relativ harmlos und kann mit ein wenig Übung in weniger als 10 Minuten durchgeführt werden.

Dabei müssen die Feststell- und die für den Winkel des Gitters verantwortliche Mikrometerschraube gelöst, der zweite "Würfel" aufgeschraubt und das alte Gitter von der Halterung entfernt werden. Dann kann das neue Gitter in der richtigen, bereits vormarkierten Position eingebracht werden. Diese unterscheiden sich für beide Gitter leicht, da der Beugungswinkel unterschiedliche ist. Für höhere Gitterkonstanten sind bereits weitere Markierungen vorgesehen. Bevor man wieder zur Tat schreitet, sollte man am besten noch am Tage den neuen Fokuspunkt finden und die richtige Beugungsordnung in den Mittelpunkt des Gesichtsfeldes stellen.

Abb. 4 zeigt Spektren verschiedener Sterne mit dem 200 Linien/mm Gitter und einer DSLR Kamera (Canon EOS 400D). Bereits mit dem in diesem Modus kann der DADOS Spektrograph eingesetzt werden, um die dominanten Unterschiede zwischen den Sternklassen sichtbar zu machen. Die historisch entstandenen Spektralklassen O,B,A,F,G,K,M sind entsprechen in der von unten nach oben verlaufenden Reihenfolge der Oberflächentemperatur. So ist es zu verstehen, dass die in der unteren Aufnahme oben liegenden (heißeren) Sterne andere Linien zeigen als die unteren (kühleren) Sterne. Diese gehen dabei "ineinander über" Manche intensive Linie verschwindet auch mit steigender Temperatur (von unten nach oben), weil die entsprechenden Elemente ionisiert werden und daher kein Leuchtelektron mehr für den Übergang zur Verfügung steht. Andere Linien werden aber auch erst im ionisierten oder im angeregten Zustand, also mit steigender Temperatur sichtbar. Bei den ganz kühlen Sternen, am unteren Ende Spektrenserie, spielen auch Linien chemischer Verbindungen eine Rolle, die sich erst bei sehr niedrigen Temperaturen bilden. Ganz oben ist mir anstelle eines B-Sternes, ein Be-Stern "reingerutscht". Diese Sterne besitzen eine selbstleuchtende zirkumstellare Gasscheibe und weisen daher Emissionslinien anstelle von Absorptionslinien auf.

## **Fazit**

Insgesamt kann man sagen, dass der spektroskopisch geneigte Beobachter ein, für das gebotene Preis-Leistungs-Verhältnis, gutes Gerät erhält, welches vor allem für Neulinge auf dem Gebiet der Spektroskopie einen äußerst angenehmen Einstieg ermöglicht. Hier helfen nicht zuletzt die gut durchdachten Details wie etwa die integrierte Möglichkeit, eine Positionier-Okular oder eine Nachführ-Kamera zu adaptieren oder etwa das mitgelieferte Schwalbenschwanz-System. Auch der fortgeschrittene Amateur wird sicherlich seine Freude an diesen Merkmalen finden, wahrscheinlich vor allem im höher auflösenden Modus unter Einsatz des 900 Linien/mm Gitters.

An dieser Stelle bleibt anzumerken, dass es auch Komplettsysteme mit höherer Spektralauflösung zu jedoch deutlich höheren Preisen auf dem Markt gibt. Ich für meinen Teil kann sagen, dass der DADOS mir einen bislang lang gehegten Traum erfüllt hat: Auspacken und loslegen! - Wie könnte der Einstieg schöner sein :-). Ich habe die Entscheidung, mir ein solches Gerät zuzulegen bislang nicht bereut.

## **Ausblick**

Für diejenigen, die auf Spektroskopie der Superlative warten: In naher Zukunft dürfen wir uns auf den, von der gleichen Gruppe entwickelten, BACHES Echelle Spektrographen freuen, den die Firma Baader Planetarium möglicherweise noch vor dem Ende dieses Jahres auf den Markt bringen wird. Die Besucher der ATT-Spektroskopie-Veranstaltung 2009 konnten sich bereits einen ersten Eindruck von dem Prototyp verschaffen und ich muss, sagen - es ist überwältigend! Ohne zu viel zu versprechen kann man, nach dem was hier präsentiert wurde, von einer kleinen Revolution sprechen.

Erstmals wird Amateuren Echelle - Spektroskopie in einem Komplettsystem mit atemberaubender Auflösung eröffnet werden, so dass der vollständige visuelle Spektralbereich in nur einer einzigen Aufnahme abzudecken ist. Zum Vergleich: Die derzeitigen Spaltspektrographen auf dem Markt (auch der hier besprochene) haben ein Auflösungsvermögen ( $R = \lambda/\Delta\lambda$ ) von etwa 4000. BACHES wird ein R von bis zu 20000 besitzen. Exoplaneten wurden bereits mit weniger spektraler Auflösung von Profis, aber auch Amateuren beobachtet. Mit - der verbalen Ankündigung folgend - etwa 6000 EUR wird das System bei deutlicher höherer Auflösung erschwinglicher sein, als alle

derzeit auf dem Markt befindlichen Systeme und Möglichkeiten eröffnen, wie sie sich derzeit nur ganz wenigen Menschen weltweit bieten.