

# Untersuchungen mit selbstgebaudem Littrow-Gitterspektrographen

## Nachweis der spektroskopischen Doppelsternnatur des Sternsystems Mizar

von Dr. Berthold Stober, Glan-Münchweiler

Schon von Anbeginn meiner Amateurastronomie-tätigkeit - vor mehr als 40 Jahren - hatte ich mir in den Kopf gesetzt, die Doppelsternnatur der nur spektroskopisch nachweisbaren Komponenten des Mizar-Systems selbst nachzuweisen, dies ist - und das soll in dem nachfolgenden Aufsatz gezeigt werden - nunmehr gelungen.

Mizar ist ein wohlbekannter Doppelstern, der bereits in kleinen Fernrohren ohne weiteres doppelt gesehen werden kann. In 14 Bogensekunden Abstand umkreisen sich die beiden nicht ganz gleich hellen Komponenten. Spektralanalytische Beobachtungen haben ergeben, dass die beiden Sterne des Mizar-Systems in sich wieder doppelt sind. Sie stehen jedoch so dicht beieinander, dass sie mit herkömmlichen optischen Teleskopen nicht als 2 Sterne getrennt erkannt werden können. Erst in jüngerer Zeit war es möglich, mit den Methoden der Interferometrie die beiden Sternkomponenten des Systems sichtbar zu machen.

Aufgrund des begrenzten Auflösungsvermögens kann die Doppelsternnatur von Mizar nur zu ganz bestimmten Zeitpunkten nachgewiesen werden. Die Bahnperiode des Doppelsternsystems beträgt 20 Tage, d.h. die Komponenten umkreisen den gemeinsamen Schwerpunkt in 20 Tagen. Da wir unter anderem nicht genau senkrecht auf die Bahnebene des Doppelsternsystems schauen, kann der Spektrograph das Geschwindigkeitsprofil im Bereich der Siliziumabsorptionslinien nur zu bestimmten Periodenabschnitten sichtbar machen.

Zu den Periodenzeiten 0.9 und 1.1 sieht man an den SiII-Linien der Wellenlängen und 6347 und 6371 Angstr. ein maximales Geschwindigkeitsprofil (in einer M-förmigen Struktur), aus dem sich unmittelbar die Radialgeschwindigkeit der Komponenten ergibt.

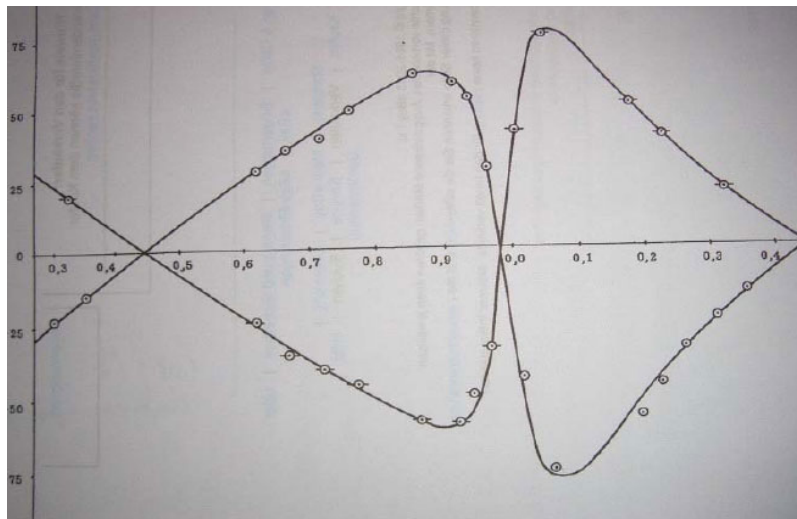
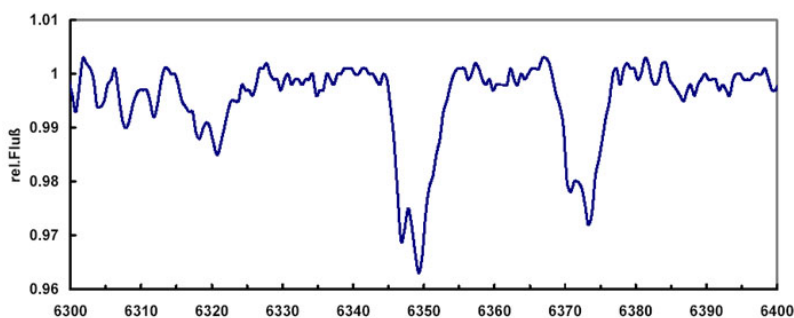


Abb.1: Die Radialgeschwindigkeitskurve des Doppelsternsystems Mizar

**Mizar am 26.4.2004**



[Wellenlänge in Angström]

Abb.2: An den leicht erkennbaren SiII-Linien bei 6347 Angstr. und 6371 Angstr. ist ein Linienprofil zu sehen, aus dem sich die Geschwindigkeit der Doppelsternkomponenten berechnen läßt.

Die Aufnahmen erfolgten mit einem spaltlosem Gitter-Littrowspektrographen (Achromat 1:3,5/150mm, Diaprojektorobjektiv Heidomat für Format 6x6cm; Gitter 50x50 mm; 1200 Linien/mm; geblazed auf 600nm) an einem 300mm Spiegeltelskop f/4 bei einer Belichtungszeit von ~30 min. Das Signal/Rausch- Verhältnis betrug 780; Dispersion = 44 Angstr./mm.

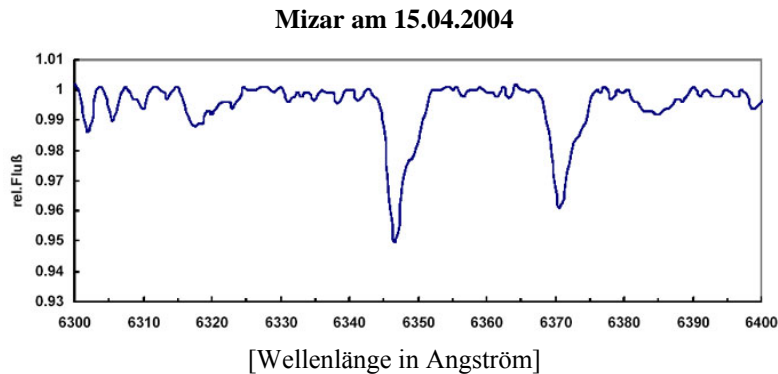


Abb.3 Zu diesem Zeitpunkt war die Stellung der Komponenten so, dass ihre scheinbaren Bewegungsgeschwindigkeiten

zu gering waren, um in den Siliziumlinien ein Geschwindigkeitsprofil erkennen zu können

### Trennung der SiII-Linien und Radialgeschwindigkeit

Das Spektrum in Abb.2 vom 26.4.04 entspricht der Bahnperiode 1,099 des Sternsystems und wie Abb1. zeigt, sollte dies nahezu der Zeitpunkt der maximalen Geschwindigkeitsdifferenz von etwa 140 km/sec sein.

Aus der Analyse der Linienprofile bzw. der maximalen Aufspaltung beider SiII Linien im Spektrum der Abb.2 ergibt sich ein  $\Delta\lambda$  von etwa 2,5 Angstr., woraus sich unmittelbar die Radialgeschwindigkeit  $v$  für  $\lambda = 6347$  nach  $v = (\Delta\lambda/\lambda) * c = (2,5/6347) * 300000 \text{ km/sec} = 118,2 \text{ km/sec}$ , und für  $\lambda = 6371 = 117,7 \text{ km/sec}$  berechnet.

Bei Dispersionen von 100 bis 50 Angstr./mm kann man mit einem mittleren Fehler von etwa +/- 5 km/sec rechnen. Dieser Fehler wird kleiner, wenn man wie in der Praxis üblich mit einer linearen Dispersion von etwa 10 Angstr./mm arbeitet und zudem mehrere Aufnahmen zur Ableitung der Radialgeschwindigkeit heranzieht; dann beträgt die Genauigkeit einer Bestimmung etwa +/- 1,5 km/sec.

Da sich der hier verwendete Spektrograph für diese Analyse im Bereich seiner Leistungsgrenze befindet, ist es erforderlich, gute atmosphärische Bedingungen zu haben und ein leistungsfähiges Aufnahmefernrohr zu verwenden, da nur Spektren, die absolut scharf eingestellt sind und ein sehr gutes Signal/Rauschverhältnis aufweisen für diese Analyse verwendbar sind.

In Verbindung mit dem 30cm Newtonteleskop reicht seine Leistungsfähigkeit, um u.a. damit auch H $\alpha$ -Überwachungsspektren anderer Sternklassen (z.B. Be-Sterne) durchführen zu können, wobei die erzielten Ergebnisse zumindest da und dort auch auf ein gewisses Interesse der professionellen Astronomie stoßen.

Dr. Norbert Reinecke aus unserer Fachgruppe hat sich die Mühe gemacht, die Leistungsfähigkeit des

hier gezeigten Spektrographen zusätzlich anhand einer mathematisch, physikalischen Durchrechnung zu zeigen:

Diese Durchrechnung ging davon aus, dass eine SBIG ST 7 Kamera mit 766 horizontalen Pixeln auf einer Chipbreite von 6,9mm zur Verfügung steht, somit 111 Pixel/mm vorhanden sind. Aus den Spektren errechnet sich die Lineardispersion zu 44 Angstr./mm, d.h. 0,4 Angstr./Pixel auf dem Chip. Der Raumwinkel, den ein Pixel sieht, kann mit guter Näherung wie folgt berechnet werden: Winkel (in Bogensekunden) =  $0,2 \times \text{Pixelkantenlänge [mm]} / \text{Teleskopbrennweite [mm]}$ . Somit ergibt sich der (beugungsbegrenzte) Sichtwinkel eines Pixel zu  $0,2 \times 9 \times 10^{-3} \text{mm} / 1200 \text{mm} = 1,5$  Bogensekunden.

Da der Spektrograph spaltlos konzipiert ist, ist die Größe des Sternscheibchens im Teleskopfokus erheblich vom sog. Seeing abhängig. Man kann in Deutschland von einem mittleren Seeing von 3 Bogensekunden ausgehen. Dies bedeutet eine Aufweitung des berechneten (beugungsbegrenzten) Winkels von 1,5 Bogensekunden (unter dem man eine punktförmige Lichtquelle ohne atmosphärische Störungen sehen könnte) auf genau diesen Wert, wenn man mehr als 1/100 Sekunde Belichtungszeit benutzen möchte.

### **Anpassung an die Kameraoptik und Auflösung**

In dem vorliegenden Beispiel wird also ein Seeingscheibchen mit 3 Bogensekunden auf genau 2 Pixel (mit je 1,5 Bogensekunden) gelegt. Somit ist hier in idealer Weise das Nyquist-Theorem (oder Whittaker-Shannon-Abtasttheorem) zur Vermeidung von Schein(alias)frequenzen bei der geometrischen Abtastung erfüllt. Die optische Konfiguration ist optimal für den spaltlosen Betrieb eines Littrowspektrographen ausgelegt, da dieser per definitionem im Maßstab 1:1 abbildet.

Mit der Dispersion von 0,4Angstr./Pixel ergibt sich also für 2 Pixel ein seeingbegrenztes Spektralelement  $\Delta\lambda$  von 0,8 Angstr. Bei der Wellenlänge  $\lambda = 6360$  Angstr. errechnet sich hieraus (unter Idealbedingungen) die spektrale Auflösung  $R = \lambda / \Delta\lambda = 7950$ .

Abschließend möchte ich noch auf Folgendes hinweisen, um andere Interessierte zu ermutigen, sich vielleicht auch diesem Gebiet zuzuwenden:

Der Verfasser hatte etwa bis vor 3 Jahren überhaupt keine konkrete Vorstellung gehabt, was ein Spektrograph ist und schon gar keine Vorstellung gehabt, wie ein solcher funktioniert. Es ist also offensichtlich auch nicht besonders auf diesem Gebiet Vorgebildeten möglich, in überschaubaren Zeiträumen zu durchaus interessanten Ergebnissen zu kommen. Allerdings geht das nur relativ einfach, wenn auf Spalt und Lichtleitereinkopplung verzichtet wird und der Spektrograph direkt in den Brennpunkt der Aufnahmeoptik positioniert wird.