

Die Periastron-Passage des Doppelsterns delta Scorpii 2011

Bild 1: Sternbild delta Sco

Eines der interessantesten astronomischen Ereignisse dieses Jahres, zumindest aus Sicht der Astrospektroskopie, ist zweifellos die Periastronpassage des Be-Doppelsternsystems δ Scorpii gewesen. δ Scorpii ist ein helles, interferometrisch entdecktes Doppelsternsystem mit einem Primärstern des Spektraltyps B0, einem Neigungswinkel seiner orbitalen Rotationsachse in Bezug auf die Sichtlinie des Beobachters von etwa 38° und einem Begleitstern, dessen Spektraltyp derzeit ebenfalls als Typ B angenommen wird, und der sich auf einem elliptischen Orbit mit der Exzentrizität $e = 0.94$ und einer Periode von ca. 10,6 Jahren, bewegt.

Bild 2: Periastron-Film

Unter einer Periastronpassage versteht man die Annäherung des Begleitsterns auf seiner elliptischen Bahn um den Hauptstern bis zu dem Punkt, an dem der Begleiter dem Hauptstern am nächsten kommt. (Film starten)

Dieses ca. 11-jährige periodische Ereignis ist sowohl von der professionellen wie auch von der Amateurastronomie mit großer Spannung erwartet worden. Nicht zuletzt deshalb, weil diese Periastronpassage des Begleitsterns im System δ Sco interessante und zugleich wichtige Beobachtungen ermöglicht, die für die Be-Sternforschung im Allgemeinen, aber auch für das Verständnis der Be-Stern-Gasscheibendynamik in diesem System von enormer Bedeutung sind.

Bild 3: Observatorium/Workshop

Vor dem Hintergrund dieses Ereignisses ist auf dem internationalen Workshop für Astrospektroskopie im Observatorium de Haute Provence (OHP, St. Michel, Südfrankreich) im August 2010 eine Beobachtungskampagne zwischen Amateuren und der professionellen Astronomie mit dem Ziel einer möglichst hohen Beobachtungsdichte vereinbart worden.

Bild 4: Spektren von HeII 4686 und H α 6563

Schwerpunkt der Kampagne sollte vorrangig die Messung der Radialgeschwindigkeit an der HeII 4686 Å sowie und der H α -Emission bei 6563 Å sein, wenngleich darüber hinaus einige weitere Aspekte spektroskopischer Untersuchungen bedacht wurden, wie etwa das Verhalten der Emissionsstärke und das Profilverhalten der H α -Emission.

Bild 5: Lhires an C14

Diese Beobachtungsanforderungen sind mit den heutigen Spektrographen der Amateurastronomie ohne weiteres erfüllbar, weshalb seitens der Fachastronomie großes Interesse daran bestand, im Rahmen dieser Kampagne mit der Amateurastronomie zusammenzuarbeiten.

Meine Beteiligung an der Beobachtungscampagne erfolgte durch Aufnahme der Spektren mit meinem französischen Spektrographen LIHRES III, der wie hier zu sehen, am C14 der Arbeitssternwarte der Vereinigung der Sternwarte Köln zum Einsatz kam.

Bild 6: Radialgeschwindigkeitskurve 2000

Aus Messungen der H α -Radialgeschwindigkeit können interessante Resultate zur Dynamik des Orbits des Systems und zu Informationen über die Geschwindigkeitskomponenten tatsächlicher Raumbewegungen in Richtung auf den Beobachter abgeleitet werden. Die Radialgeschwindigkeit wird positiv gezählt, wenn der Stern sich vom Beobachter wegbewegt und negativ, wenn er auf ihn zukommt.

Gemessen wird Radialgeschwindigkeit über die Verschiebung der Linien im Spektrum, die diese aufgrund des Doppler-Effektes relativ zu den Linien eines Vergleichsspektrums erfahren.

Nun ist die gemessene Radialgeschwindigkeit nicht die Bahngeschwindigkeit sondern lediglich ihre Projektion auf die Beobachtungsrichtung, wobei der Winkel zwischen der Beobachtungsrichtung und der Normalen zur Bahnebene bei δ Sco ca. 38° beträgt.

Bild 7: Orbit von delta Sco

Die Messung der Radialgeschwindigkeit führt auf diese Weise zu genauer Kenntnis über die Abstandsverhältnisse der Komponenten in diesem Doppelsternsystem. Die Situation etwa zur Zeit des geringsten Abstandes der beiden Sternkomponenten zu einander, des sog. Periastrons, führt zu einer maximalen Radialgeschwindigkeitsänderung. Eine möglichst genaue Bestimmung dieses Zeitpunktes ist deshalb von fundamentaler Bedeutung für die Berechnung der Umlaufbahnen des Begleitsterns um den Zentralstern.

Bild 8: noch einmal Radialgeschwindigkeitskurve 2000

Dieses Bild zeigt die Radialgeschwindigkeitsänderung in der Periastronpassage von August - September im Jahr 2000, wobei jedoch die Beobachtungsdichte zur präzisen Bestimmung des Periastronzeitpunktes nicht ausreichend war.

Rote Punkte = Messungen von Mirosnichenko (2001); grüne und orange Linie repräsentieren Berechnungen von Tango et al. (2009) und das "best-fit model" von Maillard et al. (A&A, June 2011).

Im Rahmen der diesjährigen Kampagne führte die erfreulich hohe Beteiligung internationaler Beobachter seit Januar zu einer Beobachtungsdichte, wie es sie in diesem Umfang am Stern δ Sco bisher noch nicht gegeben hatte, wobei hervorzuheben wäre, dass sich ein besonders hoher Anteil französischer Beobachter der ARAS-Gruppe an dieser Kampagne beteiligte.

Bild 9: Der Spektrograph LIHRES

Bis auf drei Ausnahmen kamen dabei hochauflösende Littrow-Spektrographen vom Typ LHIRES III zum Einsatz, weshalb die spektrale Auflösung $R = \lambda / \Delta\lambda$ bei $H\alpha$ im Bereich von 10000-20000 lag.

Die erwartete Änderung der Radialgeschwindigkeit in der Größenordnung von ca. -15 km/s bis -60 km/s konnte daher mit ausreichender Genauigkeit erfasst werden.

Bild 9: Das Programm SPECRAVE

Die überwiegende Anzahl der bereitgestellten Spektren ist mit dem speziell für Radialgeschwindigkeitsmessungen entwickelten Programm SpecRave (einer Zusammenarbeit meines Freundes und Kollegen Roland Bücke aus Hamburg und der VdS-Fachgruppe „Computerastronomie“) vermessen worden.

Bild 10: Das Halpa Linienprofil

Der Profilcharakter der $H\alpha$ -Emission stellte sich nicht nur während der Periastronpassage des Begleitsterns als variabel heraus, sondern auch die verschiedenen spektralen Auflösungen der eingesetzten Spektrographen führten zu unterschiedlichem Profilaussehen, so dass die erforderliche variable Profilanpassung mit einer Gaussfunktion an diese Gegebenheiten als wesentlicher Vorteil des Programms SpecRave eine höhere Genauigkeit bei der Messung der Radialgeschwindigkeit bewirkte. Die Genauigkeit unserer Messungen lag zwischen 0.9-1.8 km/sec.

Bild 11: Der Radialgeschwindigkeitsverlauf

Dieses Bild zeigt nun das Ergebnis unserer Radialgeschwindigkeitsmessungen seit Januar diesen Jahres bis heute.

Zur Absicherung der Verlässlichkeit der gemessenen RV-Werte wurden vor Beginn der Beobertungskampagne seitens der Fachastronomie zwei Entscheidungskriterien empfohlen:

1. Ausschluss von Messungen, deren Fehlerbetrag ± 5 km/s erreichten bzw. überschritten.
2. Vergleich der δ Sco-RV-Messungen durch Anschluß an den Referenzstern α Serpentis mit seiner stabilen Radialgeschwindigkeit von 2.6 km/s (± 0.2).

Die Konsistenz aller Messungen einschließlich der Messungen am Referenzstern α Ser erlaubt die Aussage, dass der beobachtete Verlauf der RV-Kurve nur in geringem Maße von den Messfehlern, die bei der Profilanpassung unvermeidlich entstehen, beeinflusst ist.

Bild 12: Der Radialgeschwindigkeitsverlauf vergrößert

Das primäre Ziel der Kampagne sollte ja die möglichst präzise Bestimmung des Zeitpunktes der Periastronpassage sein, wobei die hohe Beobachtungsdichte es erlaubte, diesen Zeitpunkt nach einer in der Veränderlichenbeobachtung gängigen Methode zu bestimmen. Diese Methode besteht im Wesentlichen darin, dass für die Abstiegs- und Anstiegsflanke der RV jeweils eine Regressionsgerade ermittelt wird.

Der Zeitpunkt der Periastronpassage liegt dann im Schnittpunkt dieser zwei Regressionsgeraden. Unsere Beobachtungen ergaben hierfür das Datum 01.07.2011, 2:30 UT. Die Abweichung vom vorhergesagten Datum, dem 05.07.2011, beträgt damit nur etwa 4 Tage.

Bild 13: Der Radialgeschwindigkeitsverlauf

Darüber hinaus zeigte sich nach der Passage im RV-Kurvenverlauf eine Erscheinung, die in dieser Form weder von der Fachastronomie noch von den Amateuren erwartet worden ist. Es handelt sich um den sog. „double-dip“ etwa zwischen dem 11. und 23. Juli.

Erste fachastronomische Spekulationen mutmaßen, dass im Doppelsternsystem δ Sco ein „dritter Körper“ in der Nähe des Begleitsterns nicht auszuschließen sei. Bei diesen ersten (vielleicht zu frühen) Überlegungen wird die mögliche Existenz einer dritten Komponente auf Basis einer Gesamtheitsanalyse der Radialgeschwindigkeiten von 1902 bis 1975 mit einer Periode von 302,60 Tagen $\pm 0,26$ auf einem exzentrischen Orbit abgeleitet.

Drei alternative, kurzperiodische Bahnen, die jeweils auf unterschiedlichen Untergruppen der Radialgeschwindigkeiten von 1902-1975 basieren, wurden berechnet, um die Abhängigkeit der Bahnelemente aus Beobachtungen des Dominion Observatory zu untersuchen (Gandet, priv. Mitteilung Juli 2011).

Inwieweit diese Spekulationen in der Fachdiskussion der nächsten Zukunft Bestand haben, bleibt abzuwarten. Selbstverständlich werden sämtliche Ergebnisse und Spektren aus unserer Kampagne der interessierten Fachastronomie zu Verfügung gestellt.

Bild 14: Das Halpha Linienprofil

Als ein weiteres, unerwartetes Ergebnis der Kampagne ist die Ausprägung eines „bumps“ auf der rotseitigen Flanke des $H\alpha$ -Peaks. Dies konnte besonders deutlich in hochaufgelösten Spektren des australischen Amateurs Bernhard Heathcote am 12. August beobachtet werden.

In der Modellsimulation des japanischen Be-Sternforschers A. Okazaki wird die Bildung einer zirkumstellaren Scheibe um den Begleitstern als robustes Erscheinungsmerkmal infolge der interaktiven Gezeitenwirkung zwischen den Komponenten angenommen.

Wenn nun der spektroskopierende irdische Beobachter im i, j, k -Koordinatensystem von Einheitsvektoren (siehe hierzu die ausführliche Darlegung in „BAV-Einführung in die Beobachtung Veränderlicher Sterne“, ab Seite 56, ISBN 978-3-00-021163-8) von oben nach unten gerichtet auf das Animationsbild blickt, so scheint eine Emissionsverstärkung in Form eines „bump“ auf der rotseitigen Flanke der $H\alpha$ -Emission, verursacht durch die sich von ihm entfernende Begleiterscheibe, ca. 20-30 Tage nach dem Periastron, tatsächlich möglich (private Mitteilung A. Okazaki, Nov. 2011).

Die Simulation der Okazaki-Modellrechnung zeigt hier die Situation 30 Tage nach dem Periastron.

Die weltweite Beobachtung dieses hochinteressanten Ereignisses seitens der professionellen und der Amateurastronomie wird mit Sicherheit zu einer Vielfalt weiterer, spannender Publikationen führen, wobei dieser Bericht lediglich eine erste Übersicht zur aktuellen Situation aus Sicht der Amateurastronomie liefern sollte.

Ernst Pollmann