

# Die Beobertungskampagne der $\delta$ Scorpii - Periastron-Passage 2011

Ernst Pollmann und Anatoly Miroshnichenko

$\delta$  Sco ist ein heller, interferometrisch detektiertes Doppelsternsystem bestehend aus einem Primärstern des Spektraltyps B0, einem Sekundärstern des vermuteten Spektraltyps B und einem Orbit der Exzentrizität  $e = 0.94$ . Der Primärstern diente im 20. Jahrhundert als Standardstern zur Spektralklassifikation. Wegen der entdeckten Helligkeitszunahme im Sommer 2000, verursacht durch die Entwicklung einer zirkumstellaren Gasscheibe, ist das System nunmehr unter kontinuierlicher Beobachtung (Fabregat, Reig, & Otero 2000). Dieser Veränderungsprozess schien bereits einige Monate vor der Periastronpassage begonnen zu haben, die am 9. September 2000 ( $\pm 3$  Tage) erwartet wurde. Mit anderen Worten: der Primärstern des Systems  $\delta$  Sco entwickelte sich zu einem Be-Stern.

Das System hat in den Jahren danach kontinuierlich in seiner V-Helligkeit zugenommen (Otero, Fraser, & Lloyd 2001; Gandet et al. 2002) und erreichte eine Helligkeit von  $V \sim 1.6$  mag in der ersten Hälfte des Jahres 2003. Gleichzeitig ist auch das Emissionslinienspektrum stärker geworden bei Zunahme einer deutlichen Peakauftrennung der H $\alpha$ -Emission (Miroshnichenko et al. 2003).

Diese Beobachtungen wiesen deutlich auf ein Wachstum der Gasscheibe um den Primärstern hin. Im Februar 2005 setzte plötzlich eine Abnahme der Helligkeit sowohl im optischen wie im infraroten Spektralbereich ein und erreichte dabei ihre niedrigste Helligkeit mit  $V \sim 2.3$  mag im Oktober 2005 (Otero 2008; Carciofi et al. 2006). Im Spektrum dagegen verblieben die Emissionslinien, wenngleich mit abnehmender Linienbreite, nahezu konstanter Intensität und wachsender Äquivalentbreite. Die Äquivalentbreite erreichte ihr Maximum gleichzeitig mit dem Minimum der Helligkeit. Dies ließ vermuten, dass die Scheibe zwar weiter existierte, sich jedoch hin zu einer ringähnlichen Struktur veränderte (Rivinius et al. 2001). Verursacht durch eine geringere Massenverlustrate (so wird vermutet) hat sie dabei ihre inneren, sternnahen Bereiche verloren, die ohnehin wegen der beobachteten zyklischen Variationen der Linienstärke als nicht stabil angesehen wurden (Miroshnichenko et al. 2003). Nach Erreichen des Minimums stieg die V-Helligkeit langsam wieder an und zeigte dabei Variationen mit einem  $\sim 60$ -Tage-Zyklus und einer Amplitude von  $\sim 0.3$  mag (Otero 2008).

All diese Vorgänge ereigneten sich während der Annäherung der Sekundärkomponente zum Apastron des Systems. Mit interferometrischen Messungen, die zu einer orbitalen Periode von 10.6 Jahren ( $\pm 0.08$ ) führten, konnte der Begleitstern in der ersten Hälfte des Orbits wegen der hohen Exzentrizität nicht getrennt werden (Miroshnichenko et al. 2001). Auch während der Periastronpassage ist dies mit verbesserter Messtechnik wegen des Vorhandenseins der Gasscheibe nicht gelungen.

Das System nähert sich derzeit wieder einer Periastronpassage. Weil die gegenwärtige orbitale Periode möglicherweise systematische Fehler enthält (die

Periastronpassage in 2000 ereignete sich einige Monate später als nach interferometrischen Messungen vorhergesagt) ist der für Juli 2011 vorhergesagte Zeitpunkt von erheblicher Bedeutung. Die kommende Passage führt möglicherweise zu interessanten Interaktionen zwischen den beiden Sternen einerseits, sowie den Sternen und der zirkumstellaren Gasscheibe andererseits.

Wegen der langen Orbitalperiode und der hohen Bahnexzentrizität ist dies eine der seltenen Gelegenheiten, tiefe Einblicke in die physikalischen Geschehnisse dieses Prozesses zu gewinnen. Zudem ist  $\delta$  Sco einer der nächsten Be-Sterne mit einer Parallaxe von 6 mas und erlaubt somit die äquatoriale Gasscheibe selbst, sowie Störungen in ihr interferometrisch aufzulösen. Genaue Messungen der Radialgeschwindigkeit werden es ermöglichen, wesentliche Verbesserungen in der Sicherheit des vorhergesagten Datums des Periastrons zu erreichen. Eine solche Verbesserung ermöglicht es, an beteiligten Observatorien der Welt die Beobachtungsplanung des Zeitpunkts künftiger Periastronpassagen effektiver zu gestalten.

B-Emissions-(Be)-Sterne sind sog. non-supergiant objects vom Spektraltyp B und zeigen bzw. haben im Fall  $\delta$  Sco H $\alpha$ -Emissionslinien im sichtbaren Spektrum. Das Verständnis ihrer Natur und die Prozesse der Scheibenentstehung um solche Sterne sind noch immer nicht ausreichend verstanden, so dass Amateurbeiträge im Sinne von Langzeitmonitorings sehr wünschenswert sind.  $\delta$  Sco ist ein herausragendes Beispiel, bei dem Amateure mit kontinuierlichen V-Helligkeitsbeobachtungen und spektroskopischen Messungen während der Periastronpassage 2011 und danach wertvolle Beiträge liefern können.

Ein erstes Spektrum von Heasley & Wolf im Jahr 1983 zeigte noch keine Emissionen (Bild 1), hingegen ließen die H $\alpha$ -Absorptionsflanken in Spektren von Cote & von Kerkwijk in 1990 erste Emissionen erkennen (Bild 2), weshalb  $\delta$  Sco danach als Be-Stern angesehen wurde.

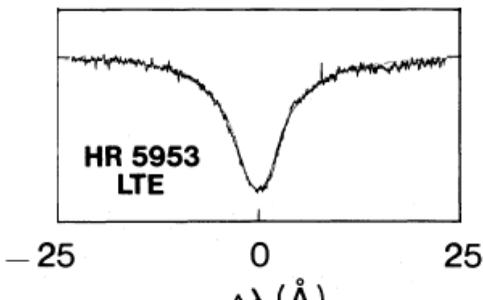


Bild 1: Spektrum von Heasley & Wolf

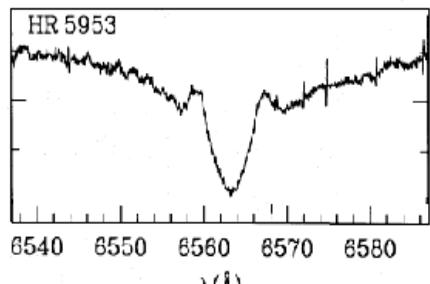


Bild 2: Spektrum von Cote & Kerkwijk

S. Otero und A. Fabregat berichteten über eine graduelle V-Helligkeitszunahme durch visuelle Schätzungen (Otero et al. 2001; Fabregat 2000) in 2001 am 30. Juni mit  $V=2.24$ , 4. Juli mit  $V=2.23$ , 16. Juli mit  $V=2.06$ , 20. Juli mit  $V=2.04$ . Diese Entdeckung wurde alsbald mit spektroskopischen Beobachtungen ergänzt (Miroshnichenko 2001), in denen die H $\alpha$ -Linie als starke Doppelpeakemission erkannt wurde.

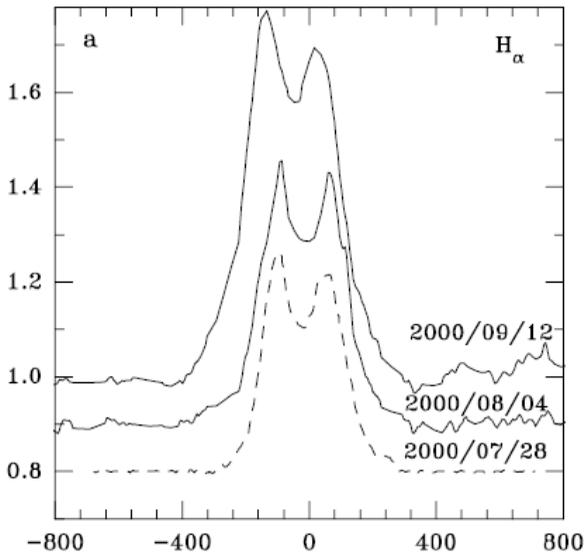


Bild 3: H $\alpha$ -Doppelpeakprofil in Spektren von Miroshnichenko

In den Jahren danach ist diese H $\alpha$ -Emission und darüber hinaus die HeI6678-Emissionslinie kontinuierlich überwacht worden (Pollmann 2005; Pollmann 2009). Die H $\alpha$ -Äquivalentbreite (EW) zeigte in diesen Monitorings eine stete Zunahme bis zu einem Maximum in 2005 um danach ebenso stetig wieder abzunehmen, verbunden mit einer klaren Anti-Korrelation zur visuellen V-Helligkeit (Bild 4).

Neuere interferometrische Beobachtungen (Tango et al., 2009) führten zu neuen orbitalen Elementen und Massenabschätzungen:  $M_1 = 15 (\pm 7)$  Sonnenmassen,  $M_2 = 8 (\pm 3.6)$  Sonnenmassen. Gleichwohl stellt sich immer noch die Frage: was wissen wir über den Spektraltyp beider Sternkomponenten. Die letzten Vorhersagen für die Periastronpassage im Doppelsternsystem  $\delta$  Sco ist der 4. Juli 2011. Die Genauigkeit dieser Vorhersage ist jedoch bis auf einen Monat unsicher, weshalb eines der besonderen Ziele der Beobachtungskampagne die möglichst genaue Bestimmung dieses Zeitpunktes ist, wobei gerade Amateurbeiträge von V-Helligkeitsmessungen und spektroskopischen Beobachtungen in diesem Kontext einen besonders hohen Stellenwert haben.

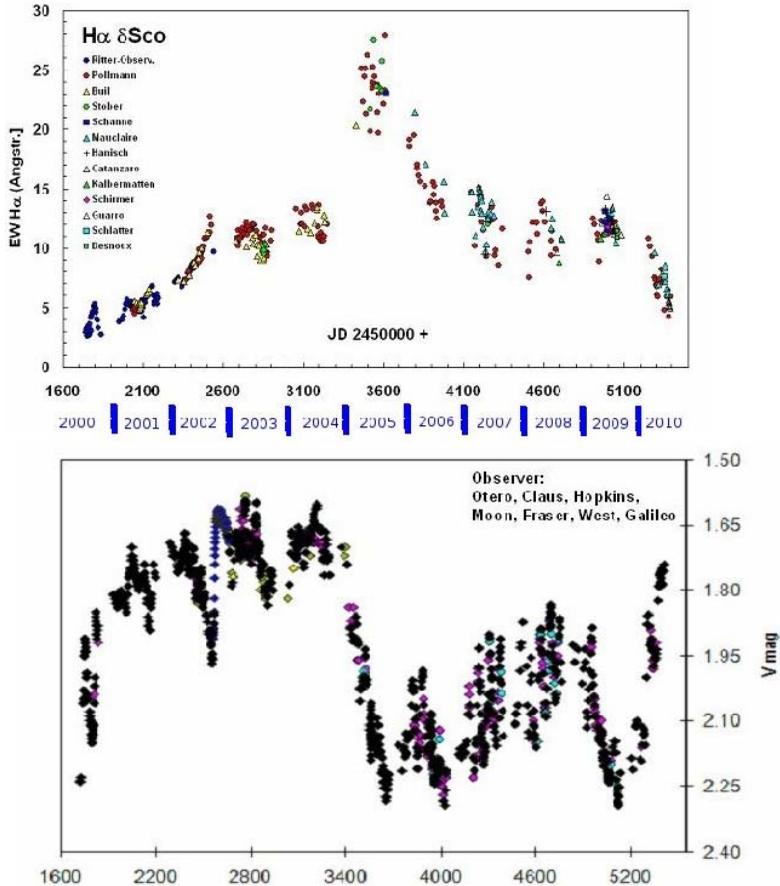


Bild 4: Anti-Korrelation von H $\alpha$ -EW und V-Helligkeit (Pollmann 2009)

Das beste empirische Kriterium zur Vorhersage des Datums der Periastron-Passage ist die Radialgeschwindigkeit (RV) des Primärsterns. Wegen der hohen Bahnexzentrizität bleibt die RV für eine lange Zeit konstant und nimmt signifikant nur etwa einen Monat vor der eigentlichen Passage ab. Insgesamt rechnet man mit einem Abfall der RV von etwa -15 km/s auf ca. 40-50 km/s (Bild 5). Für einen Einzelbeobachter scheint es angebracht, ab etwa Mitte April nahezu täglich Messungen durchzuführen. In einer größeren Beobachtergemeinschaft wird es jedoch ausreichen, wenn jeder Einzelne einmal pro Woche Messungen vornimmt.

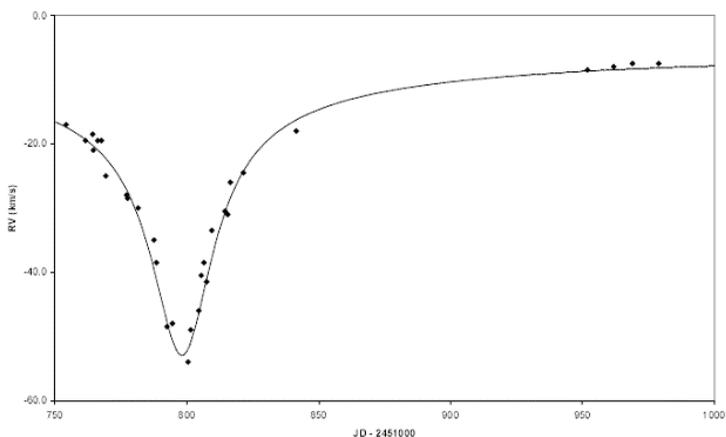


Bild 5: Radialgeschwindigkeitsverlauf während der Periastronpassage 2000 (Tango 2009)

Im Rahmen des Spektroskopie-Workshops August 2010 auf dem Observatorium de Haute Provence (OHP) in Südfrankreich ist die hier vorgestellte Beobachtungskampagne 2011 verabredet bzw. gestartet worden, so dass nunmehr die skizzierten dringend erwünschten Amateurbeobachtungen in verschiedene professionelle Untersuchungen (etwa bei ESO, und bei A. Miroshnichenko) eingebunden werden bzw. bereits sind.

#### Literatur

- Carciofi, A. C., et al. (2006); ApJ, 652, 1617  
 Coté and van Kerkwijk M.H. (1993), A&A, 274, 870  
 Fabregat, J., Reig, P. & Otero, S. (2000) circular announcing  $\delta$  Sco outburst, IAUC,7461  
 Gandet, T. L. et al. (2002); IBVS, 5352  
 Heasley J.N. and Wolff S.C. (1983), ApJ, 269, 634H  
 Miroshnichenko A. et al. (2003); A&A, 408, Spectroscopy of the growing circumstellar disk in the  $\delta$  Sco Be binary  
 Miroshnichenko A. et al. (2001); A&A, 377, Spectroscopic observations of the  $\delta$  Sco binary during its recent periastron passage  
 Otero, Fraser, & Lloyd (2001); IBVS, 5026  
 Otero, S. (2008); [http://ar.geocities.com/varsao/delta\\_Sco.htm](http://ar.geocities.com/varsao/delta_Sco.htm)  
 Pollmann E. (2009); Spektroskopische Beobachtungen der H $\alpha$  und der HeI6678-Emission am Doppelsternsystem  $\delta$  Scorpii: 2009, BAV-RB, 58..151P  
 Pollmann, E. (2005); Amateur Spectroscopy of Hot Stars. Long term tracking of circumstellar emission, PAICz. 93...14P  
 Rivinius et al. (2001); A&A, 379, 257  
 Tango (2009); A new determination of the orbit and masses of the Be binary system  $\delta$  Sco, 2009 MNRAS, 396, 842T