

Der gegenwärtige Zustand der zirkumstellaren Scheibe des Be-Sterns Delta Scorpii

Ergänzung spektroskopischer Befunde durch V-Helligkeitsmessungen

Ernst Pollmann

Die Profile der H α -Emissionslinien in den Spektren von Be-Sternen sind unter anderem das Ergebnis einer Rotationsbewegung der den Stern umgebenden Wasserstoffgasscheibe. Auf der Basis einer Kalibration der effektiven Rotationsgeschwindigkeit des Sternes ($v \sin i$) mit der halben maximalen Intensität (FWHM = Halbwertsbreite) der Spektrallinie [1], wird diese FWHM (in km/s) als Maß für die projizierte Rotationsgeschwindigkeit des Scheibengases [2] verwendet. Der Autor in [2] fand auch, dass diese Wechselbeziehung im Allgemeinen eine bestimmte Streuung sowie einen nicht-kinematischen Beitrag auf die H α -Linienbreite aufweist.

Das Profil und die Verteilung der Doppler-Verbreiterung der Emissionslinie können prinzipiell als Gauß-Funktion angesehen werden. Die gemessenen FWHM-Geschwindigkeiten der H α -Emissions-Linien hängen vom Signal-zu-Rausch-Verhältnis ab, weil in verrauschten Spektren ausgedehnte Linienflügel kaum vom Sternkontinuum unterschieden werden können.

Außerdem sind diese Geschwindigkeiten vom instrumentellen Profil und vom spektralen Auflösungsvermögen des benutzten Spektrographen abhängig. Der verwendete Spektrograph in diesem Bericht ist der LHIRES III mit einem Auflösungsvermögen von $R=17000$ gewesen.

Die orbitale Geschwindigkeit v der um den Stern rotierenden Gasscheibe nimmt mit zunehmendem Abstand zum Stern entsprechend dem dritten Kepler'schen Gesetz = $v \sim r^{(-0.5)}$ ab. Eine hohe Geschwindigkeit entspricht einem geringeren Abstand zum Zentralstern und umgekehrt.

Die FWHM-Geschwindigkeit der Halpha-Linie des rotierenden zirkumstellaren Gases (als reziproker Indikator für den Scheibendurchmesser) ist ab Januar 2011 (JD 2455578) mit einem mehr oder weniger gleichmäßigen Anstieg bis zum Periastron im Juli 2011 (JD 2555747) in Abb. 1 dargestellt. Dies bedeutet, dass sich der Durchmesser der Gasscheibe bis zu diesem Punkt verringert hat.

Nach der Periastronpassage verringerte sich die FWHM-Geschwindigkeit ständig, während zugleich der Scheibendurchmesser weiter anwuchs. Leider ergab sich danach eine Beobachtungslücke bis Februar 2012 (JD 2455979). Abb. 2 zeigt für die Abschnitte vor der Periastronpassage und danach bis August 2012 (JD 2456131) die FWHM-Geschwindigkeit aufgetragen über die optische Helligkeitsentwicklung. Bei den V-Helligkeiten handelt es sich einerseits um visuelle Schätzungen von Sebastian Otero (Argentinien) und andererseits um DSLR-Messungen von Wolfgang Vollmann (Österreich).

Zunächst ist für beide Graphen (A u. B) eine inverse Korrelation zwischen dem Scheibendurchmesser (reziproke FWHM-Geschwindigkeit) und V-Mag von besser als 70% zu erkennen. Da die zirkumstellare Gasscheibe die UV-Strahlung vom Zentralstern absorbiert und sowohl im optischen wie im infraroten Bereich wieder

abstrahlt, sollte eine solche Wechselbeziehung zwischen optischer Helligkeit und Scheibengröße existieren [3] [4].

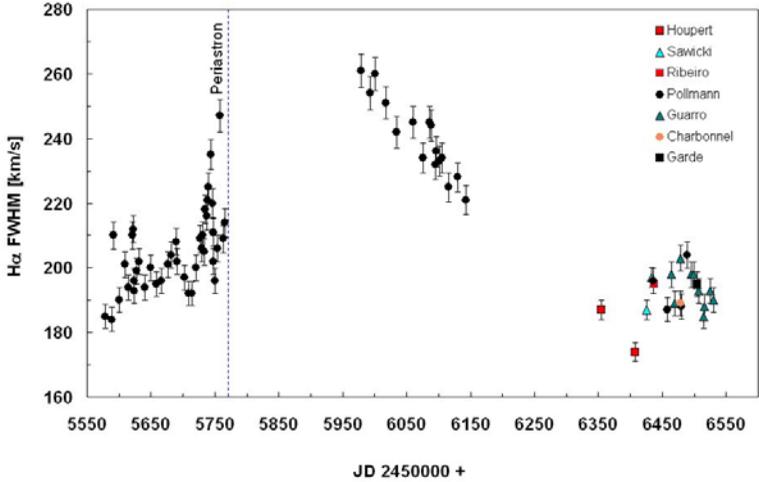


Abb. 1: Zeitverhalten der H α -FWHM-Geschwindigkeit vor und nach der Periastronpassage im Juli 2011 (JD 2555747)

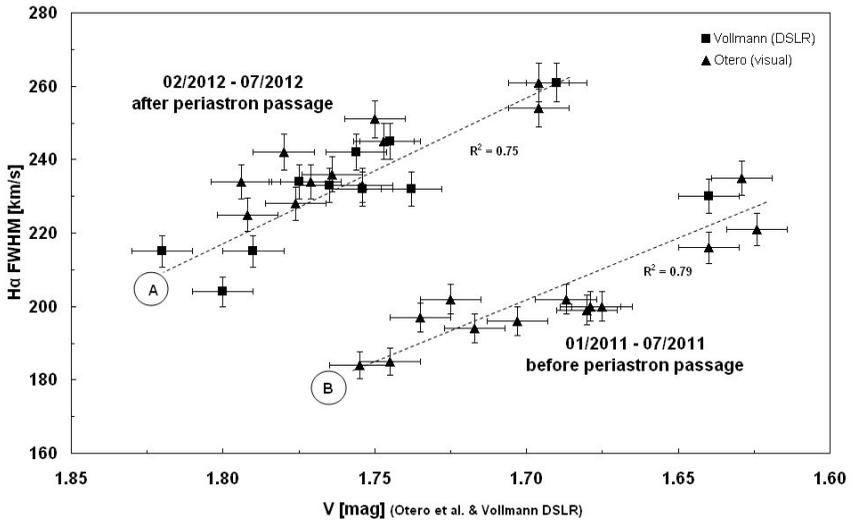


Abb. 2: Korrelation zwischen der Gesamt-V-Helligkeit von δ Sco und der H α -FWHM-Geschwindigkeit (letztere als reziproker Indikator für den Scheibendurchmesser). Zeitgleiche FWHM-Messungen in Spektren von Houpert, Sawicki, Ribeiro, Pollmann & V-Helligkeitsmessungen von S. Otero u. W. Vollmann.

Ogleich das Ergebnis in Abb. 1 zeigt, dass die Scheibe nach dem Periastron viel größer war als vorher, so ist in Abb. 2 erkennbar, dass δ Sco trotz der verschiedenen Scheibengrößen die gleiche Helligkeit besaß, wie es in den beiden Graphen A u. B. zum Ausdruck kommt. Wenn wir z.B. $V = 1.7$ mag oder $V = 1.75$ mag betrachten, finden wir einen Unterschied im Scheibendurchmesser in Graph A und B (entsprechend dem 3. Kepler'schen Gesetz $v \sim r^{(-0.5)}$) von ca. 1,7!

Dies kann mit einer höheren Scheibendichte nach dem Periastron erklärt werden, weil nur die inneren Bereiche der Scheibe signifikant zur Helligkeit beitragen. Eine höhere Scheibendichte bedeutet mehr Strahlung aus dem gleichen Bereich der Scheibe. Eine kleinere Scheibe (nach dem Periastron) mit einer höheren Dichte produziert die gleiche optische Helligkeit wie eine größere Scheibe (vor dem Periastron) mit einer geringeren Dichte.

Es muss jedoch bedacht werden, dass sich der Scheibendichteeffekt möglicherweise auf die Helligkeit des Gesamtsystems beobachterisch nicht so leicht vom Scheibengrößeneffekt trennt. Wenn nun neues Material vom Stern in die Scheibe eingebracht wird, beginnt es um den Stern zu rotieren aber auch wegen der viskosen Energieübertragung sich von ihm weg zu bewegen.

Deshalb wächst die Scheibe in dem Maße, wie sich die Menge an eingebrachter Materie erhöht. Gleichzeitig erhöht sich die Scheibendichte in allen Abständen vom Stern. Wenn das Eintragen der Materie vom Stern in die Scheibe stoppt, formt sich die Scheibe zu einem Ring [5]. Sobald aus der Scheibe ein Ring geworden ist, werden die Balmerlinien des Wasserstoffs schmaler, weil die schnell drehende Materie der inneren Scheibenbereiche nicht existieren. Solch ein Effekt sollte zu einem anderen Verhalten der Graphen in Abb. 2 führen. Das bedeutet: die Graphen A und B hängen beide von der Scheibengröße und -dichte ab, wobei die Scheibendichte nachdem Periastron höher war als vorher.

Die zirkumstellare Scheibe bedeckt aus Beobachtersicht bei einem Neigungswinkel von ca. 38° etwa die Hälfte der Sternoberfläche, es sei denn, die Scheibe ist sehr klein. Im Fall von δ Sco kann man mit Sicherheit sagen, dass die Scheibe vor und nach dem Periastron den gleichen Teil der Sternoberfläche bedeckte. Weil die Scheibe in den inneren Bereichen, die den Stern bei einem Neigungswinkel von 38° bedecken, optisch dick zu sein scheint, ist der Beitrag des Sternes zur Gesamthelligkeit immer derselbe.

Danksagung:

Ich möchte mich bei Prof Dr. Anatoly Miroshnichenko (University of North Carolina at Greensboro, USA) für seine geduldige Unterstützung und Verbesserungen dieses Beobachtungsberichtes sehr bedanken.

Referenzen

- [1] A. Slettebak et al. "A system of standard stars for rotational velocity determination", ApJS 29, 137, 1975
- [2] R.W. Hanuschik, Astrophysics and Space Science 161, 61-73, 1989
- [3] A. S. Miroshnichenko et al. 2001, A&A, 377, 485-495
- [4] A. S. Miroshnichenko et al. 2003, A&A, 408, 305-311
- [5] Th. Rivinius et al. 2001, A&A, 379, 257

Ernst Pollmann, Emil-Nolde-Str. 12, 51375 Leverkusen, ernst-pollmann@t-online.de