

# Beobachtung der Radialgeschwindigkeitsperiode des Be-Sterns Gamma Cassiopeiae

Roland Bücke

## Einführung

$\gamma$  Cassiopeia ist der hellste Emissionslinienstern der Spektralklasse B an der nördlichen Hemisphäre. Obwohl dieser Stern seit einigen Jahrzehnten intensiv beobachtet wird, sind viele Fragen zum physikalischen Verständnis dieses komplexen Sternsystems nicht restlos geklärt.  $\gamma$  Cas ist für Veränderlichenbeobachter und Spektroskopiker gleichermaßen ein interessantes Beobachtungsobjekt, da seine scheinbare visuelle Helligkeit im Laufe einiger Jahrzehnte unregelmäßig zwischen 1,6 mag und 3,4 mag schwankt [1] und auch seine starken Emissionslinien des Wasserstoffs zeitlichen Veränderungen unterworfen sind. Aus diesem Grund sind das Langzeitmonitoring der Äquivalentbreite der H $\alpha$ -Emissionslinie und die visuelle Helligkeitsüberwachung durch Amateurastronomen für die weitere Erforschung von  $\gamma$  Cas nicht unwesentlich. So konnten E. Pollmann und F. Puscas [2] einen Zusammenhang zwischen diesen beiden Merkmalen nachweisen, über den sie im BAV Rundbrief Nr. 4 (2009) berichteten. In diesem Aufsatz möchte ich erste Ergebnisse meiner Radialgeschwindigkeitsmessungen an der H $\alpha$ -Linie vorstellen, die bei einer Fortführung der Beobachtungen - vielleicht ebenso wie das Langzeitmonitoring - einen Beitrag zum Verständnis des Systems  $\gamma$  Cas liefern können.

Als erste konnten Harmanec et. al. [3] 2000 eine Radialgeschwindigkeitsperiode von 203<sup>d</sup> nachweisen, die auf die Existenz eines schon früher vermuteten Begleiters von  $\gamma$  Cas zurückzuführen ist. Bestätigt wurde dieses Ergebnis von Miroshnichenko et. al. [4] 2002. Demnach ist  $\gamma$  Cas ein spektroskopischer Doppelstern mit nur einem Spektrum – das Spektrum der zweiten Komponente ist bisher nicht nachweisbar. Die Natur des Begleitsterns ist ebenso ungeklärt. Dieser könnte sowohl ein kompaktes Objekt (Weißer Zwerg oder Neutronenstern), als auch ein „normaler“ Stern sein. Die aus den bisherigen Beobachtungen durch Harmanec und Miroshnichenko abgeleiteten Bahnparameter stimmen gut überein, zeigen jedoch im Detail Differenzen (Tabelle 1), so dass für eine Präzisierung dieser Ephemeriden weitere Beobachtungen erforderlich sind.

## Beobachtung und Datenreduktion

Die Spektren wurden mit einem Newtonsystem von 20cm Öffnung und einem via Lichtleiter angekoppelten Gitterspektrographen aufgenommen. Dispersion und spektrale Auflösung betragen 0,56 Å/Pixel bzw. 1,9 Å.

Die Integrationszeit der Aufnahmen lag überwiegend im Bereich von 150 bis 300 Sekunden. Jede Spektralaufnahme wurde zeitlich von Ne-Kalibrierspektren flankiert. Da das S/N dieser Aufnahmen mit typischerweise 60 bis 90 für genaue Messungen zu gering ist, sind Wiederholungsaufnahmen erforderlich. Von den jeweiligen Beobachtungsbedingungen abhängig, liegen deshalb jeder Radialgeschwindigkeitsbestimmung 3 bis 11 Wiederholungsaufnahmen zugrunde. Diese Beobachtungstechnik hat bei der Radialgeschwindigkeitsbestimmung gegenüber der

Langzeitintegration mehrere Vorteile: die Kalibrierengenauigkeit erhöht sich, weil zeitliche Instabilitäten durch zwischengeschaltete Kalibrieraufnahmen einen geringeren Einfluss haben, eventuelle Ausreißer in den Messwertreihen erkannt werden und aus der Streuung Rückschlüsse auf die Zuverlässigkeit einer Messung gezogen werden können.

Die Bestimmung der Dopplerverschiebung kann im aufgenommenen Wellenlängenbereich von 6300 – 6700 Å nur an der H $\alpha$ -Linie erfolgen, da das Spektrum keine weiteren Linien ausreichender Stärke aufweist. Die Auflösung der Spektren ist für die Wiedergabe von Details im Profil der H $\alpha$ -Linie zu niedrig, so dass sich die Gaußfunktion zur Approximation an die Intensitätsverteilung und damit zur Wellenlängenbestimmung gut eignet. Dies wird durch die geringe Streuung der Messwerte für die jeweilige Aufnahmeserie einer Beobachtung bestätigt, welche sich typischerweise im Bereich von 0,4 bis 0,8 km/s bewegt.

## Ergebnisse

An die Messwerte wurde iterativ eine Radialgeschwindigkeitskurve, wie sie sich aus einer Keplerbahn ergibt, angeffittet (Abb. 1). Vorher wurde zur Erhöhung der Genauigkeit eine relativ geringe langsame Trift der Radialgeschwindigkeiten, die auf Profiländerungen der H $\alpha$ -Linie zurückzuführen ist [4], mittels einer Regressionskurve an den Residuen einer ersten Kurvenanpassung abgezogen (Abb. 2). Das zugehörige Phasendiagramm des Kurvenfits von Abb. 1 zeigt die Abb. 3. Die für den gegenwärtigen Stand der Beobachtungen wahrscheinlichsten Bahnparameter können der Tabelle 1 entnommen werden. Die Messgenauigkeit liegt mit einem RMS-Wert von 0,82 km/s auf demselben Niveau wie in [4]. Obwohl die Standardabweichung des Mittelwertes der Wiederholungsmessungen wesentlich kleiner (typisch zwischen 0,1 und 0,3 km/s) ist und theoretisch eine genauere Kurvenanpassung erlauben sollte, scheint ein Limit erreicht zu sein, dass durch die kurzzeitigen Profiländerungen der H $\alpha$ -Linie vorgegeben ist.

Die Bahnparameter stimmen mit den Literaturwerten gut überein. Die moderaten Abweichungen sollten zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch keinen Anlass zu weiterführenden Aussagen geben. Dafür ist die Datenbasis noch zu gering. Die vorliegenden Beobachtungsergebnisse zeigen aber, dass die erzielte Messgenauigkeit ausreicht, um bei einer Fortführung der Beobachtungskampagne zur Präzisierung der aktuell verfügbaren Bahnparameter beitragen zu können.

	1993-2000 [3]	1997-2002 [4]	ab 2006
P [Tage]	203.59 +/-0.29	205.50 +/-0.38	204.5
T <sub>per</sub> [JD]	2450578.7 +/-4.2	...	2454235
T <sub>max</sub> [JD]	...	2450541.2 +/-2.5	...
E [-]	0.26	0.00	0.06
$\omega$ [°]	47.9 +/-8.0	...	45
K <sub>1</sub> [km/s]	4.68 +/-0.25	3.80 +/-0.12	4.13
rms [km/s]	1.455	0.936	0.82
Anzahl Spektr.	272	162	69

Tab. 1: Vergleich der gemessenen Bahnparameter mit Literaturwerten aus [3] und [4]

Abb. 1: Radialgeschwindigkeitsmesswerte mit Radialgeschwindigkeitskurve

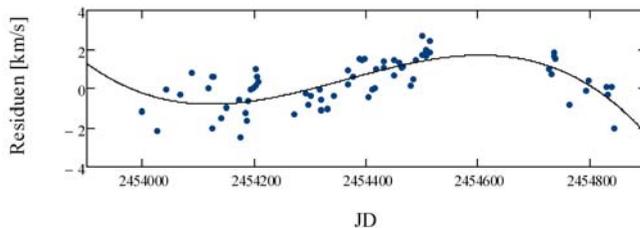


Abb. 2: langfristige Änderung der Radialgeschwindigkeit im Beobachtungszeitraum

Abb. 3: Phasendiagramm der Radialgeschwindigkeitsperiode

### Literatur

- [1] [http://en.wikipedia.org/wiki/Gamma\\_Cassiopeiae](http://en.wikipedia.org/wiki/Gamma_Cassiopeiae)
- [2] Pollmann, E., Puscas F., Helligkeitsmessungen in V und H $\alpha$ -Spektroskopie am Be-Stern Gamma Cas, BAV Rundbrief 4(2009)
- [3] Harmanec, P. et. al., Properties and nature of Be stars, XX. Binary nature and orbital elements of  $\gamma$  Cas, Astron. Astrophysics 364, L85-L88 (2000)
- [4] Miroshnischenko, A.S., Bjorkman, K.S., Krugov, V.D., Ninary Nature and Long-Term Variations of  $\gamma$  Cassiopeiae, The Astronomical Society of the Pacific, 114:1226-1233, 2002