

Langzeitmonitoring der H α -Emissionsstärke und der photometrischen V-Helligkeit von Gamma Cassiopeiae

Ernst Pollmann, Wolfgang Vollmann und G.W. Henry

Seit ihrer Entdeckung im Jahre 1867 durch A. Secchi sind Be-Sterne systematisch in Langzeitüberwachungsprogrammen untersucht worden. Entsprechendem heutigen Kenntnisstand weiß man, dass sich ihre Spektren auf Zeitskalen von wenigen Tagen bis zu mehreren Dekaden insbesondere in der H α - und H β -Emissionslinie manchmal in unvorhersagbarer, dramatischer Weise in ihrer Stärke wie auch in ihrem Erscheinungsbild ändern. Langzeitbeobachtungen einer internationalen Arbeitsgemeinschaft vor allem aus Mitgliedern der ARAS-Spektroskopiegruppe zum Intensitätsverhalten der H α -Emissionslinie der Scheibe des Be-Sterns γ Cas von 1994 bis zum heutigen Tage, führten in Erweiterung von professionellen Beobachtungen des Zeitraumes August 1971 bis Oktober 1989 (Horaguchi et al. 1994 & Miroshnichenko et al. 2002) zu einem mehr als 40jährigen Übersichtsverhalten des Sterns (Abb. 1).

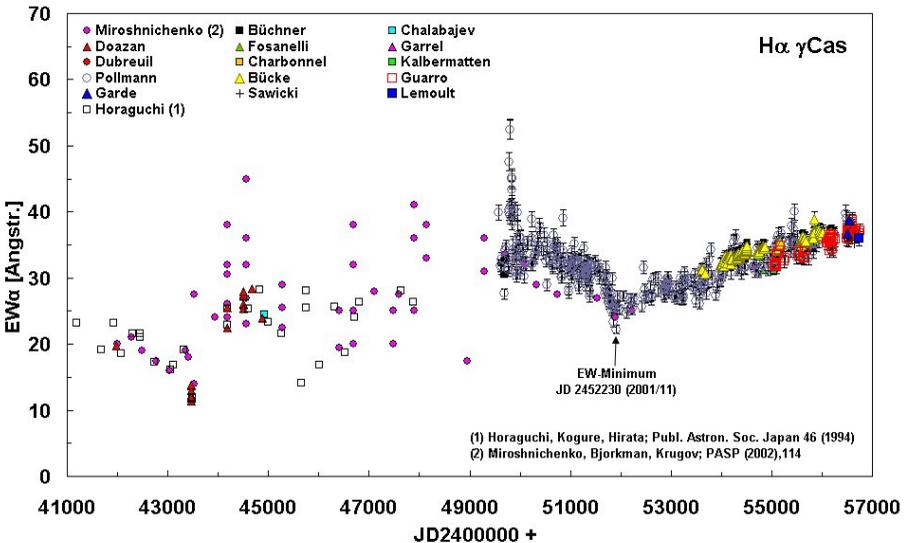


Abb. 1.: H α -EW-Langzeitmonitoring aus professionellen und Amateurbeobachtungen des Zeiraums August 1971 bis heute

Im Rahmen einer Beteiligung am Projekt „The relationship between γ Cassiopeiae’s X-ray emission and its circumstellar environment“ (Smith et al. 2012) und die damit verbundenen Diskussionen mit M. Smith (Catholic University of America, Baltimore, USA) entstand die Idee zur Untersuchung eines eventuellen Zusammenhangs zwischen der visuellen Helligkeit des Sterns und der H α -Äquivalentbreite (H α -EW). Die Ergebnisse zur X-Ray-Produktion des Sterns und deren Zusammenhang zum

Intensitätsverhalten der $H\alpha$ -Emission der Scheibe (Smith et al. 1998) waren zusätzlicher Anlass für die hier vorgestellte Untersuchung.

Sehr entscheidend für diese Untersuchungsabsicht war die Verfügbarkeit photometrischer V-Helligkeiten eines vergleichbaren Zeitabschnittes im oben genannten $H\alpha$ -EW-Monitoring mit entsprechend hoher Messgenauigkeit. Erfreulicherweise wurden diese Vmag-Wunschdaten für den Zeitabschnitt JD 2451085 bis JD 2456702 von G. Henry (Center of Excellence in Information Systems, Tennessee State University, USA) bereitgestellt, die darüber hinaus von W. Vollmann (BAV, Berlin) im Rahmen dieser projektbezogenen Zusammenarbeit mit der genannten spektroskopischen Arbeitsgemeinschaft von JD 2455154 bis 2456671 mit 263 DSLR-Einzelmessungen ergänzt wurden (Abb. 2).

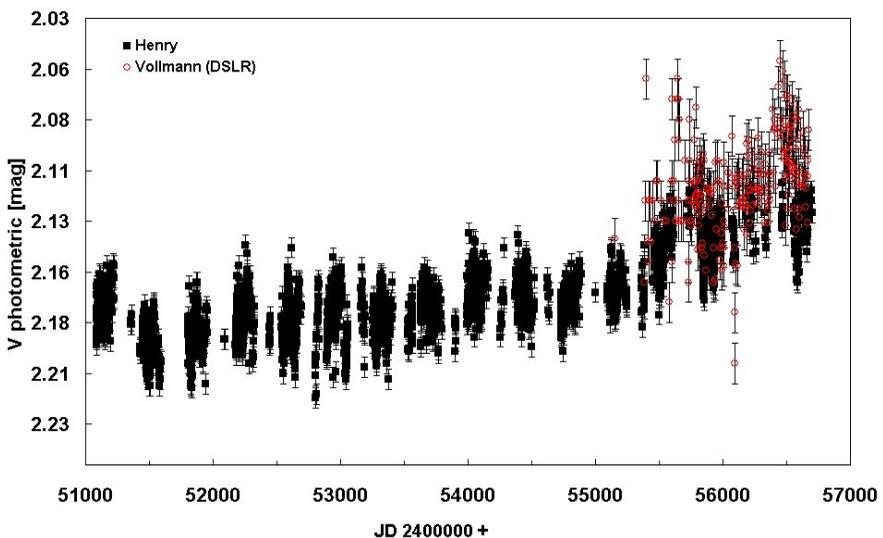


Abb. 2: Johnson V-Helligkeiten von γ Cas mit dem 40 cm Photometric Telescope am Fairborn Observatory Arizona, USA (schwarze Quadrate) zusammen mit den DSLR-Messungen von W. Vollmann

Die V-Helligkeiten von G. Henry waren bereits Bestandteil der Untersuchung „Rotational and cyclical variability in gamma Cas“ [(Smith, Henry, Vishniac 2006); (Henry & Smith 2012)] und resultierten aus einem neunjährigen Monitoring mit dem „Automated Photometric Telescope (ATP) Teleskop in Arizona. Die Messgenauigkeit der DSLR-Messungen kann mit ± 0.02 mag, und die ATP-Messungen mit ± 0.005 mag angegeben werden. Die amateurspektroskopischen CCD-Beobachtungen der internationalen spektroskopischen Arbeitsgemeinschaft sind ab 1994 mit Teleskopen von 20-40 cm Öffnung, anfänglich mit Prismen-, später dann mit Spaltspektrographen bei einer Auflösung R von etwa 5000-17000 durchgeführt worden. Die Bestimmung der $H\alpha$ -EW erfolgte generell in dem spektralen Abschnitt von 6530-6610Å mit einer Messgenauigkeit von ca. $\pm 3\%$ für die jeweiligen Einzelbeobachtungen einer Nacht.

Heute ist bekannt, dass die meisten Be-Sterne zugleich photometrische Langzeitvariable sind und dass mindestens zwei charakteristische Muster erkannt werden können in Fällen, in denen simultane Photometrie und optische Spektroskopie verfügbar sind: positive und inverse (negative) Korrelation zwischen den Balmer-Emissionsstärken und der Sternhelligkeit (Harmanec, 1983).

Neben anderen wird an den Be-Sternen 28 Tau (Pollmann et al. 2012), κ Dra (Juza et al. 1994), 4 Her (Koubsky et al. 1997) seit Jahren folgender Zusammenhang beobachtet: je stärker die H α -Emission ist, desto größer ist die V-Helligkeit des Sterns, wobei diese Sterne sowohl pole-one als auch unter dazwischen liegenden Neigungswinkeln gesehen werden. Die hier vorgestellte Untersuchung knüpft an den Bericht von Pollmann, Vollmann & Puskas im BAV- Rundbrief 1/2012, wobei besonders darauf hingewiesen wird, dass die darin verwendeten visuellen Helligkeitsschätzungen im vorliegenden Bericht durch die weitaus präziseren, bereits erwähnten ATP-Messungen ersetzt worden sind. Zunächst zeigt Abb. 2 den Helligkeitsverlauf von γ Cas mit Hilfe der ATP-Messungen von G. Henry, kombiniert bzw. ergänzt mit den DSLR-Messungen von W. Vollmann für den Zeitraum JD 2451085-2456702 gesplittet in 14 einzelne Beobachtungssessionen.

Abb. 3 zeigt das für den der Abb. 2 entsprechenden Zeitabschnitt des Langzeitmonitorings von Abb. 1 zeitlich variable Intensitätsverhalten der H α -EW von γ Cas. Ein Vergleich von Zeitserien (wie hier in Abb. 2 und Abb. 3) lässt aber nur begrenzt den Grad einer eventuellen Korrelation erkennen, wengleich vielfach Tendenzen (wie etwa auch in den genannten Publikationen (Pollmann et al 2012; Juza et al. 1994; Koubsky et al. 1997) unverkennbar sind.

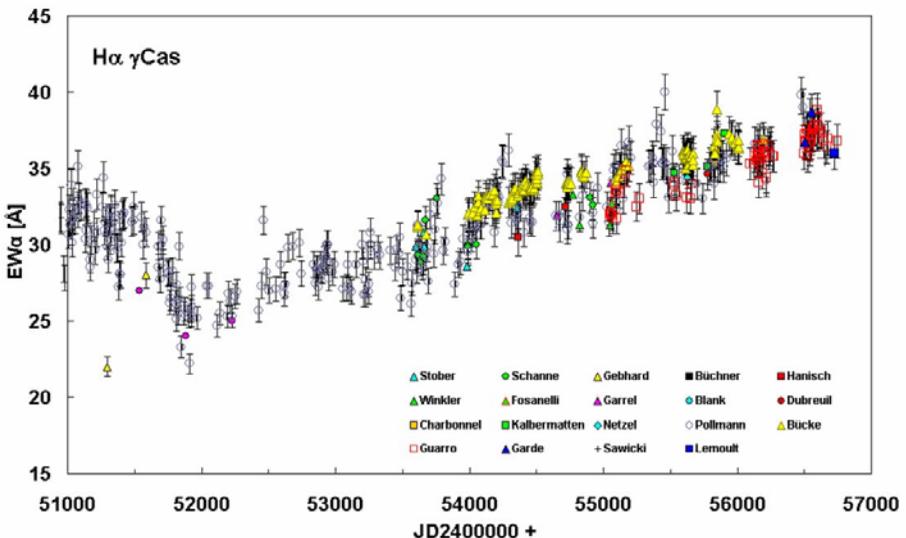


Abb. 3: Ausschnitt aus dem Langzeitmonitoring der Abb. 1 entsprechend dem Zeitabschnitt des V-Monitorings in Abb. 2

Im Plot der Abb. 4 wird deutlich, dass die hohe Korrelationsgüte mit 86% vor allem auf die ATP-Präzisionsmessungen zur Bestimmung der V-Helligkeit von γ Cas zurückzuführen ist. Die Korrelation H α -EW versus V ist darin begründet, dass die H α -EW als Indikator für die Variabilität von Scheibengröße und Scheibenvolumen bzw. -dichte, eine zu erwartende Helligkeitsvariation zur Folge hat, ähnlich den Ergebnissen in Pollmann et al. (2012), Juza et al. (1994) & Koubsky et al. (1997).

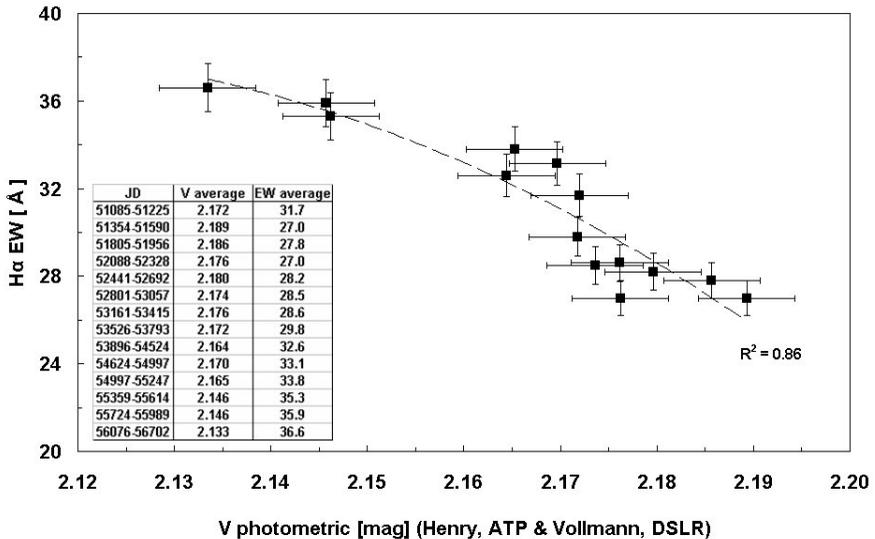


Abb. 4: Korrelationsdiagramm der H α -Äquivalentbreite versus V-Helligkeit (Erläuterungen im Text)

Die Frage war nur, inwieweit bei der gegebenen Scheibenneigung bei γ Cas von ca. 45° mit Bezug auf die Beobachtersichtlinie, diese Helligkeitsvariationen messbar detektiert werden können. Im vorliegenden Fall hatte innerhalb eines Zeitraumes von etwa 15 Jahren die H α -EW-Zunahme von ca. 10 Å nur eine sehr bescheidene Helligkeitszunahme von lediglich 0.06 mag zur Folge. Insofern ist es erstaunlich, dass es uns gelungen ist, diesen schwachen Effekt detektiert zu haben, wobei schließlich zu fragen sein wird, ob es hier einen linearen Zusammenhang von H α -EW versus V gibt (oder eher nicht, wie unser Ergebnis andeutet) und wie lange der Anstieg von V & EW noch andauern wird.

Selbstverständlich darf vor dem Hintergrund unserer Ergebnisse die aller erste Untersuchung dieser Art von Doazan et al. (1983) nicht unerwähnt bleiben: während und nach der spektakulären Episode der Be-Phase von 1932-1942 folgten in dieser Untersuchung die Balmer-Emissionslinien (siehe H α in Abb. 5) und die visuellen Helligkeiten einem gleichen Trend in ihren Variationen, wobei sich dieses Variationsmuster in den Folgeepochen nicht wiederholte. Neuere H α - und UVB-Korrelations-Modelrechnungen für Be-Sterne mit wachsenden Scheibengrößen

und/oder wachsender Scheibendichte von Sigut & Patel (2013) zeigten zwar gute Übereinstimmungen positiver und negativer Korrelationen zwischen Langzeitvariationen in H α und V-Helligkeiten mit bekannten Be-Sternen, die Autoren betonten jedoch ausdrücklich die Notwendigkeit realer Beobachtungen zur Überprüfung bisheriger Modelrechnungen.

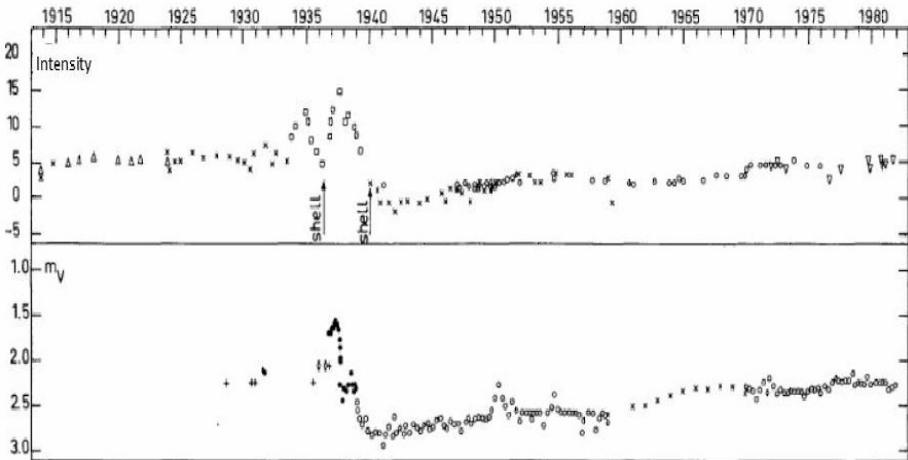


Abb. 5: Langzeit-Variationen von γ Cas im visuellen Bereich: (oben) Intensitätsvariationen der Balmer-Emissionslinien (Quadrate: H α); (unten) Langzeit-Variationen der visuellen Helligkeit; (aus Doazan et al., Second IUE European Conference, ESA-SP 157, p. 145).

References:

- Horaguchi, T., Kogore, T., Hirata, R., PASJ 46, 9-26, 1994
 Smith, M., A., Robinson, R., D., Corbet, R., H., D., ApJ, 503, 877-893, 1998
 Smith, M. A., Henry, G., W., A&A 540, A53, 2012
 Henry, G. W., Smith, M., A., ApJ, 760:10 (12pp), November 20, 2012
 Smith, M. A., Henry, G., W., Vishniac, E., ApJ, 647:1375–1386, August 20, 2006
 Juza, K., et al., Astron. Astrophys. Suppl. Ser. 107, 403-411, 1994
 Koubsky, P., et al., A&A, 328, 551-564, 1997
 Pollmann, E., Vollmann, W. Puscas, F., BAV- Rundbrief 1/2012

Ernst Pollman, Emil-Nolde-Strasse 12, 51375 Leverkusen, Germany
 Wolfgang Vollmann, Dammäckergasse 28/D1/20, A-1210 Wien, Austria
 G.W. Henry, Center of Excellence in Information Systems, Tennessee State University,
 Nashville, USA