

Beobachtungsbericht über nicht-radiale Pulsationen des Be-Sterns Zeta Oph

Ernst Pollmann

Schnelle Linienprofilvariationen in Spektren von Be-Sternen werden heute den sog. nicht-radialen Pulsationen (NRP) der Sterne zugeschrieben. Die Spektren der Absorptionslinie des neutralen Heliums bei 6678 Å des Be-Sterns ζ Oph zeigen solche schnellen Variationen, die sich gleichmäßig durch das Absorptionslinienprofil hindurch fortpflanzen. Vogt und Penrod (1983) schlussfolgerten aus ihren Beobachtungen, dass diese Linienprofilstörungen durch NRP's oder Schwingungen der Sterne verursacht werden. Sie konnten diesen Linienprofilvariationen ganz konkrete Schwingungsformen zuordnen, wobei diese von Beobachtung zu Beobachtung mit Ausbrüchen des Sterns ζ Oph in Verbindung standen.

Erste eigene Messungen

Meine ersten eigenen Messungen mit meinem LHIRES III-Spalt spektrographen bei einer Dispersion von 0.11 Å/pix (12.2 Å/mm) während 1.5 Std. (JD 2456061.418-2456061.492) am C14 in der Arbeitssternwarte der Vereinigung der Sternfreunde Köln sind als Einzelspektren im Vergleich zu Spektren von Vogt & Penrod vom 29. Juni & 1. Juli, 1980) in Bild 1 gezeigt. Meine Spektren sind mit jeweils 30 Minuten zeitlichem Abstand aufgenommen worden.

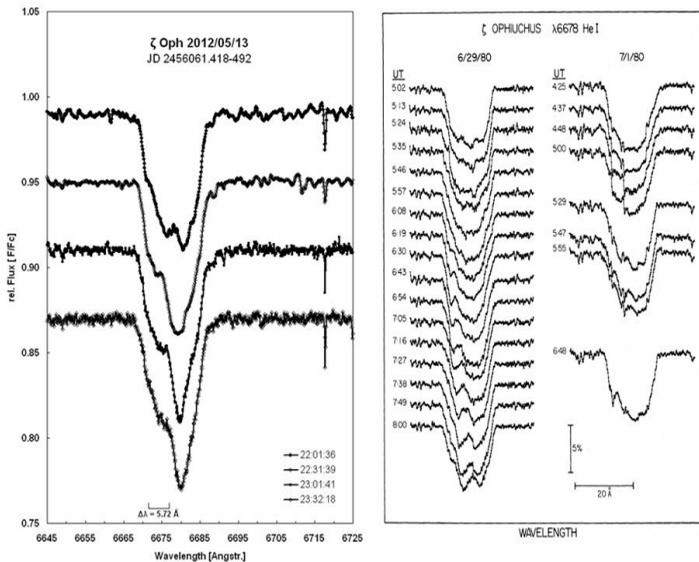


Bild 1: 40 cm SC-Teleskop-Messungen (JD 2456061.418-2456061.492) (links), verglichen mit Spektren von Vogt & Penrod (1983, rechts)

Was versteht man unter NRP's ?

Wenn bestimmte, partiell-ionisierte Regionen in Bereichen des Sterns vorliegen, in denen die thermische Zeitskala von gleicher Größenordnung ist wie dynamische Zeitskala, können sich stellare Pulsationen entwickeln. Die gespeicherte Energie während einer Kontraktion des Sterns wird abgegeben, wenn er versucht den Gleichgewichtszustand durch Expansion wieder herzustellen. Deshalb expandiert der Stern tatsächlich außerhalb seines Gleichgewichtsradius. Wenn das Material wieder zurückgeht, wird wieder im Sterninnern Energie gespeichert und der ganze Zyklus beginnt von neuem: eine periodische stellare Pulsation beginnt. Die verschiedenen vorkommenden „Pulsationsmoden“ sind somit nichts anderes als individuelle Schwing-

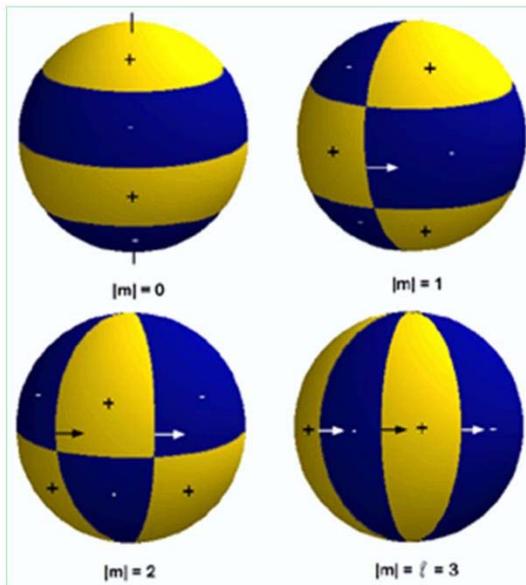


Bild 2: Pulsationsmuster für eine Schwingung mit $l = 3$. Die hell gefärbten Oberflächenbereiche bewegen sich auswärts, während sich die dunklen nach innen bewegen. Außerdem ist auch die Bewegung der Knotenlinien gekennzeichnet (aus: Zima (1999, Master Thesis; <http://www.univie.ac.at/tops/dsn/texts/nonradialpuls.html>))

ungen des Sterns. Zum Verständnis des vorliegenden Beobachtungsberichtes ist es ausreichend zu wissen, dass es zwei Hauptgruppen von Pulsationsmoden gibt: die Druckmode (p) und die Gravitationsmode (g). Diese Moden werden nach der Kraft eingestuft, welche die stellare Gleichgewichtsform wieder herstellt und folgen der Bewegung der Pulsation, entweder dem Druck oder der Ausdehnung. Eine Pulsation ist radial, wenn der Stern um seinen Gleichgewichtszustand schwingt und dabei seinen Radius unter Beibehaltung seiner sphärischen Form verändert.

Eine nichtradiale Pulsation bedeutet, dass sich bestimmte Bereiche der stellaren Oberfläche nach innen und gleichzeitig andere Bereiche dagegen nach außen bewegen (siehe Bild 2). Solche Schwingungen können mit drei Parametern beschrieben werden: der radialen Ordnung n , dem Grad l und der azimuthalen Anzahl m . Der Grad ist äquivalent der Anzahl der Knotenlinien auf der stellaren Oberfläche. Schwingungsmoden mit $m \neq 0$ repräsentieren Wellen um den Stern herum. Sie können prograd ($m > 0$) oder retrograd ($m < 0$) sein, abhängig von der Richtung ihrer Bewegung um den Stern herum. Dies als eine grobe Beschreibung des sog. kappa-Mechanismus, der sehr viele verschiedene Gruppen von Pulsationen antreibt (siehe hierzu: Baker N., Kippenhahn R.: 1962, Zeitschrift für Astrophysik 54, 114).

Messungen am 16.5.2012

Bild 3 zeigt eine Spektrenserie meiner Beobachtungen vom 16.5.2012 (links), mit ihren jeweils zugehörigen Linienstärken (Äquivalentbreite EW) der Hel6678-Absorption, aufgetragen über die Beobachtungszeit (rechts). Darin ist sehr klar die EW-Zunahme im Verlaufe der Beobachtung erkennbar. Diese Zunahme der Absorptionsstärke ist auch unschwer in den zugehörigen Spektrenprofilen (links) zu sehen.

Harmanec (1989) versuchte mittels Planimetermessungen der Linienprofile in Spektren der o.g. V&P-Publikation eine Korrelation der EW-Änderungen mit der bekannten 0.643d Pulsationsperiode zu finden (Bild 4). Eine solche Korrelation konnte jedoch nicht gefunden werden.

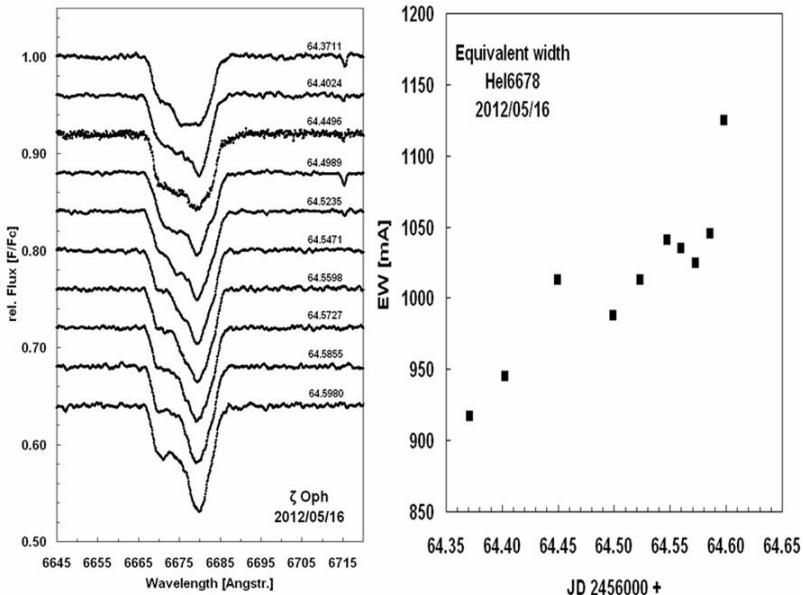


Bild 3: Spektrenserie vom 16.5.12 (links) und zeitlicher Verlauf eigener EW-Messungen der Hel6678-Absorptionslinie (rechts)

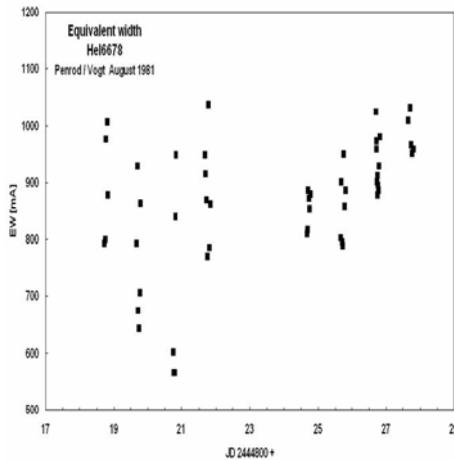


Bild 4: Harmanec's Messungen der Äquivalentbreite EW der Hel6678-Linienprofile in Spektren von V&P auf Basis v. Planimetermessungen

Messungen vom 24.-27.5.2012

Meine weiteren Beobachtungen hatten somit logischerweise zum Ziel, herauszufinden, ob die EW der Hel6678-Absorptionslinie zur Ermittlung der Pulsationsperiode von 0.643 Tagen geeignet ist. In vier Folgenächten vom 24.-27.5.12 konnte glücklicherweise die Beobachtung der NRP's von ζ Oph fortgesetzt werden (siehe Einzelspektren in Bild 5).

Ergebnisse

Die Linienprofile sind geprägt vom Erscheinen und Verschwinden eines „Absorptionsbumps“ zwischen 6575 bis 6580 Å, der sich mehr oder weniger stark, und nicht immer gleichmäßig über das Absorptionslinienprofil bewegt. Dieser „bump“ zeigt häufig eine wahrnehmbare Asymmetrie in der Weise, in der er das Profil überquert (siehe Bild 5: Serie der Einzelspektren). Analog zu den Bemühungen von Harmanec (1989), versuchte ich eine Wechselbeziehung der EW mit der 0.643d Periode zu finden. Die Anwendung der sog. PDM-Methode (Phase Dispersion Minimisation) im Periodensuchprogramm AVE führt dabei zu einer Periode von 0,65 Tagen (Bild 6).

Die Bedeutung dieses Beobachtungsberichtes sollte im Kontext zu den vielen anderen beachtenswerten Publikationen in der Literatur der Vergangenheit gesehen werden. Besonders hervorzuheben wäre hier die hochpräzise MOST (Microvariability and Oscillations of Stars) photometrische und grundlegende spektroskopische Untersuchung aus Mitte 2004 von Walker et al. (2005). Sie schlussfolgerten aus ihren Untersuchungen, dass die 0.643d-Periode als Signatur der sehr schnellen äquatorialen Rotation des Sterns selber verstanden werden könnte. Wenngleich photometrische Beobachtungen in ausreichender Präzision spektroskopische Messungen ergänzen können, so zeigt doch die o. g. satellitengestützte MOST-Studie, dass die schwingungsmodenabhängigen Helligkeitsvariationen sich (leider) in

Bereichen von etwa 0.5–7.3 mmag bewegen, und somit Möglichkeiten für eine normale CCD-Amateurbeteiligung deutlich übersteigen.

Danksagung

Ich danke Prof. Dr. Gordon A. H. Walker (Referee dieses Berichtes) für seine positive Bewertung und ermutigende Aufforderung zur Fortführung meiner Beobachtungen während der nächsten Sichtbarkeitsperioden des Sterns.

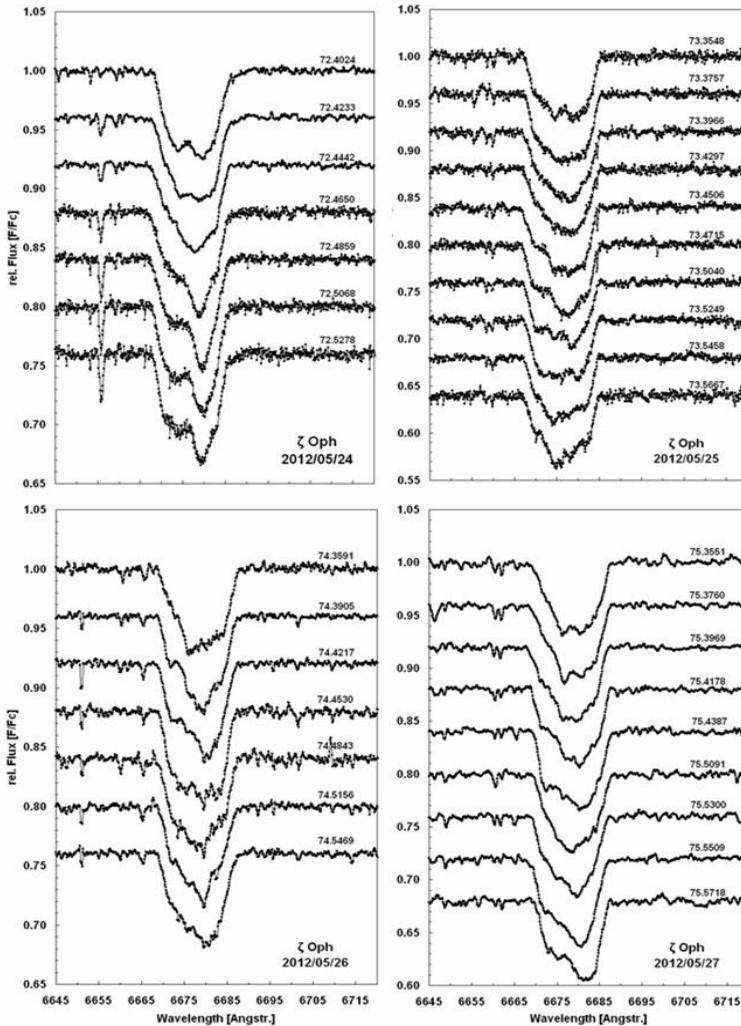


Bild 5: Einzelspektren aus der Beobachtung vom 24.-27.5.12

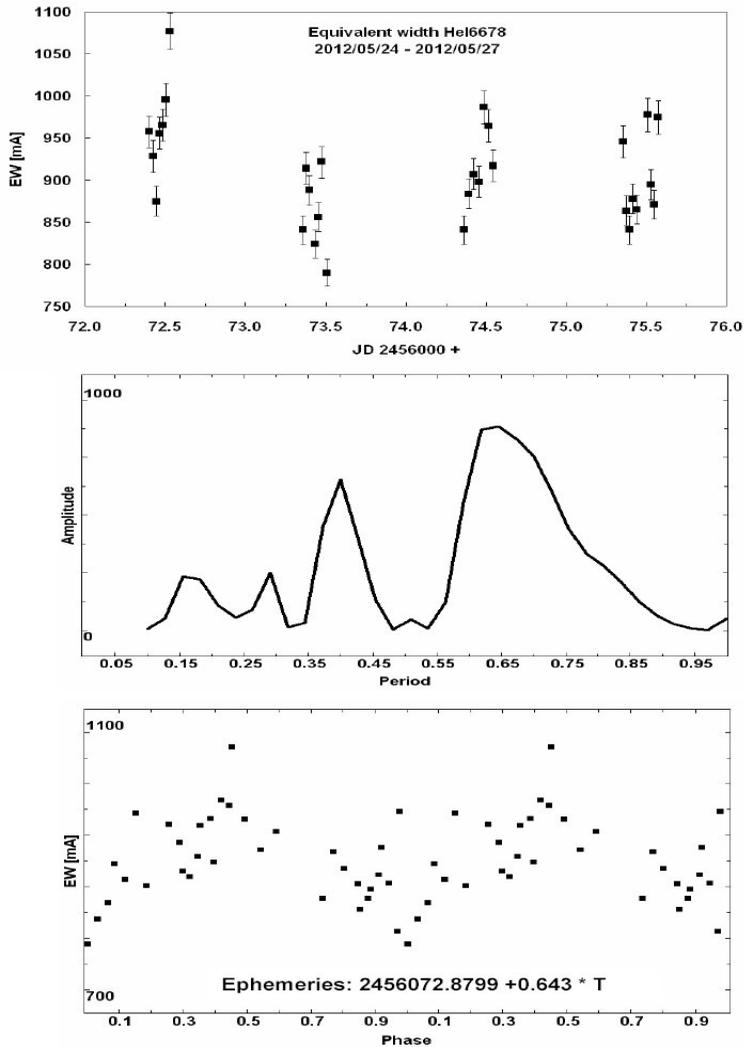


Bild 6: Änderungen der Äquivalentbreite EW von HeI6678 im Verlauf der Beobachtungszeit (oben) und Periodenanalyse (Periodogram, Mitte; Phasenplot, unten)

References

- Harmanec, P., Bull. Astron. Inst. Czechol. 40, 201-261, 1989
 Vogt, S. S. & Penrod G. D. , ApJ, 275, 661-682, 1983
 Walker, G. A. H. et al.; ApJ, 623, L145-148, 2005