

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

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. S. Vogt und G. Penrod (ApJ, 275, 661-682, 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 Episoden von Ausbrüchen des Sterns ζ Oph in Verbindung standen.

Beobachtungen vom 13.5.2012

Erste, eigene Versuchsmessungen vom 13.5.2012 mit meinem LHIRES 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 Sternwarte Scheuren sind als Einzelspektren in Bild 1 gezeigt. Im Vergleich dazu zeigt die gleiche Abbildung Spektren von Vogt & Penrod vom 29. Juni & 1. Juli, 1980). Meine Spektren sind mit jeweils 30 Minuten zeitlichem Abstand aufgenommen worden. Weil man unter Fachleuten heute annimmt, dass die Mechanismen der NRP's unter anderem verantwortlich sind für die Be-Sternscheibenbildung, scheinen (Amateur)-Beobachtungen eine sinnvolle Ergänzung zu den H α -Monitorings zu sein.

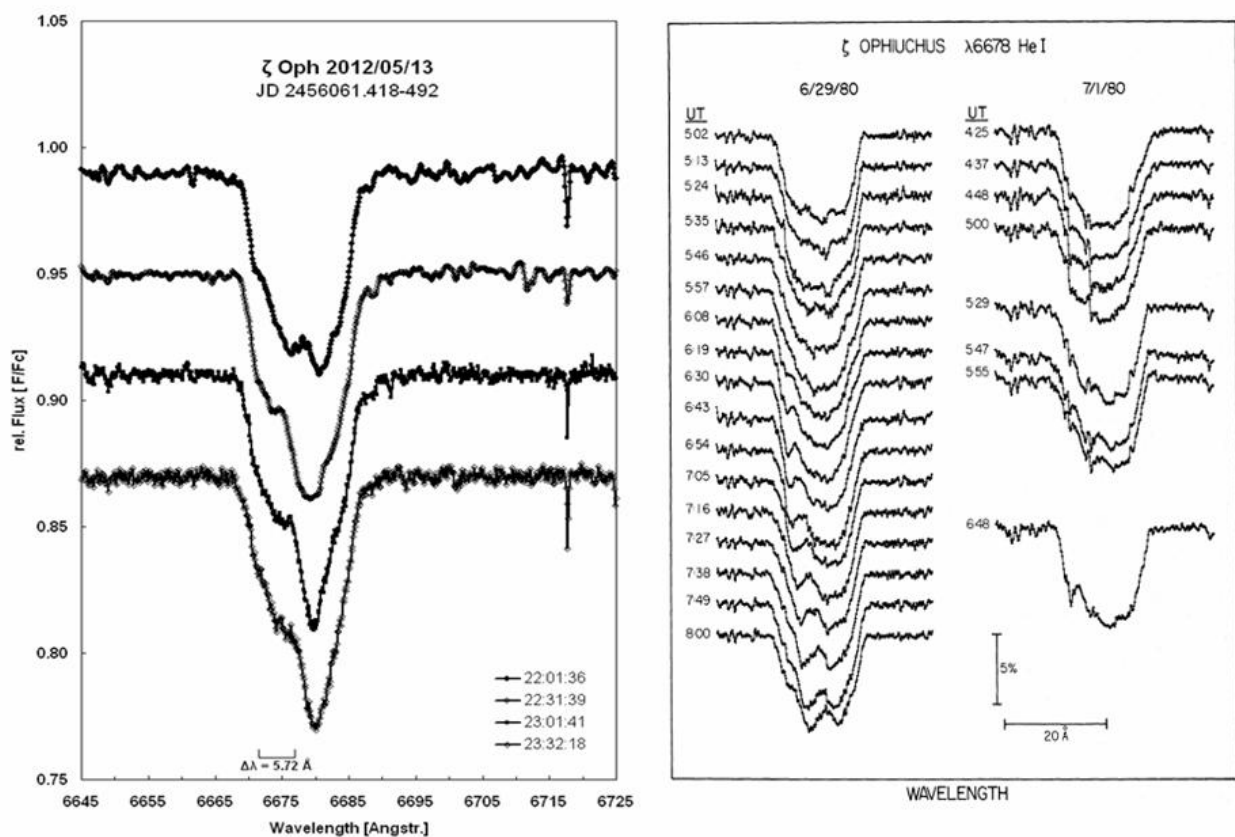


Bild 1: Eigene Spektren vom 13.5.12 den Spektren von Vogt & Penrod vom 29. Juni & 1. Juli, 1980 gegenübergestellt

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 Schwingungen 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, die die stellare Gleichgewichtsform wieder herstellen 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).

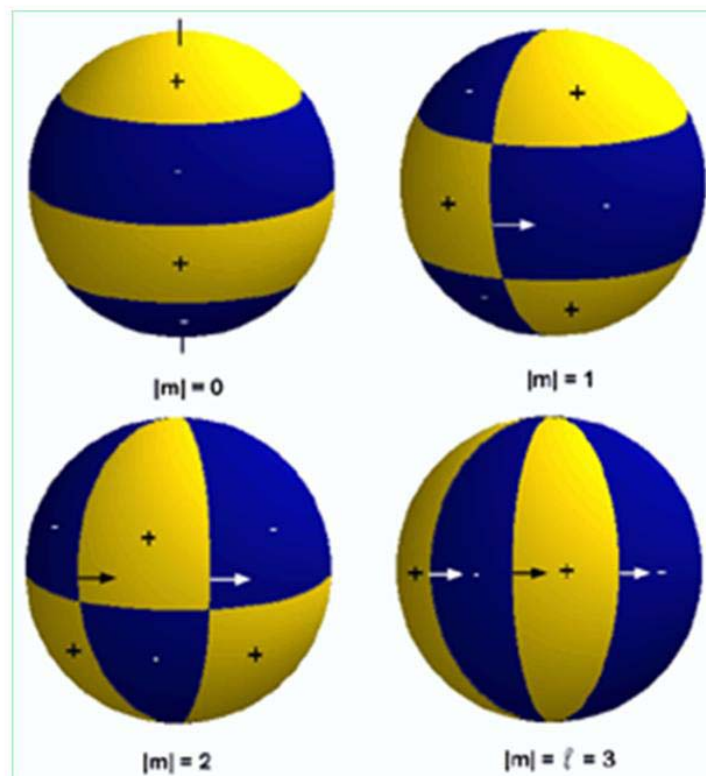


Bild 2: Pulsationsmuster für eine Schwingung mit $\ell=3$. Die gelb gefärbten Oberflächenbereiche bewegen sich auswärts, während sich die blauen nach innen bewegen. Außerdem ist auch die Bewegung der Knotenlinien gekennzeichnet (aus: Zima (1999, Master Thesis; <http://www.univie.ac.at/tops/dsn/texts/nonradialpuls.html>))

Beobachtungen vom 16.5.2012

Bild 3 zeigt eine Spektrenserie meiner weiteren Beobachtungen vom 16.5.2012 (links), mit ihren jeweils zugehörigen Linienstärken (Äquivalentbreite EW) der HeI6678-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.

P. Harmanec (Bull. Astron. Inst. Czechol. 40, 1989) versuchte mittels Planimetermessungen der Linienprofile in Spektren der o.g. V&P Publikation (Bild 4) eine Korrelation der EW-Änderungen mit der bekannten 0.643d Pulsationsperiode zu finden. Eine solche Korrelation konnte jedoch nicht gefunden werden.

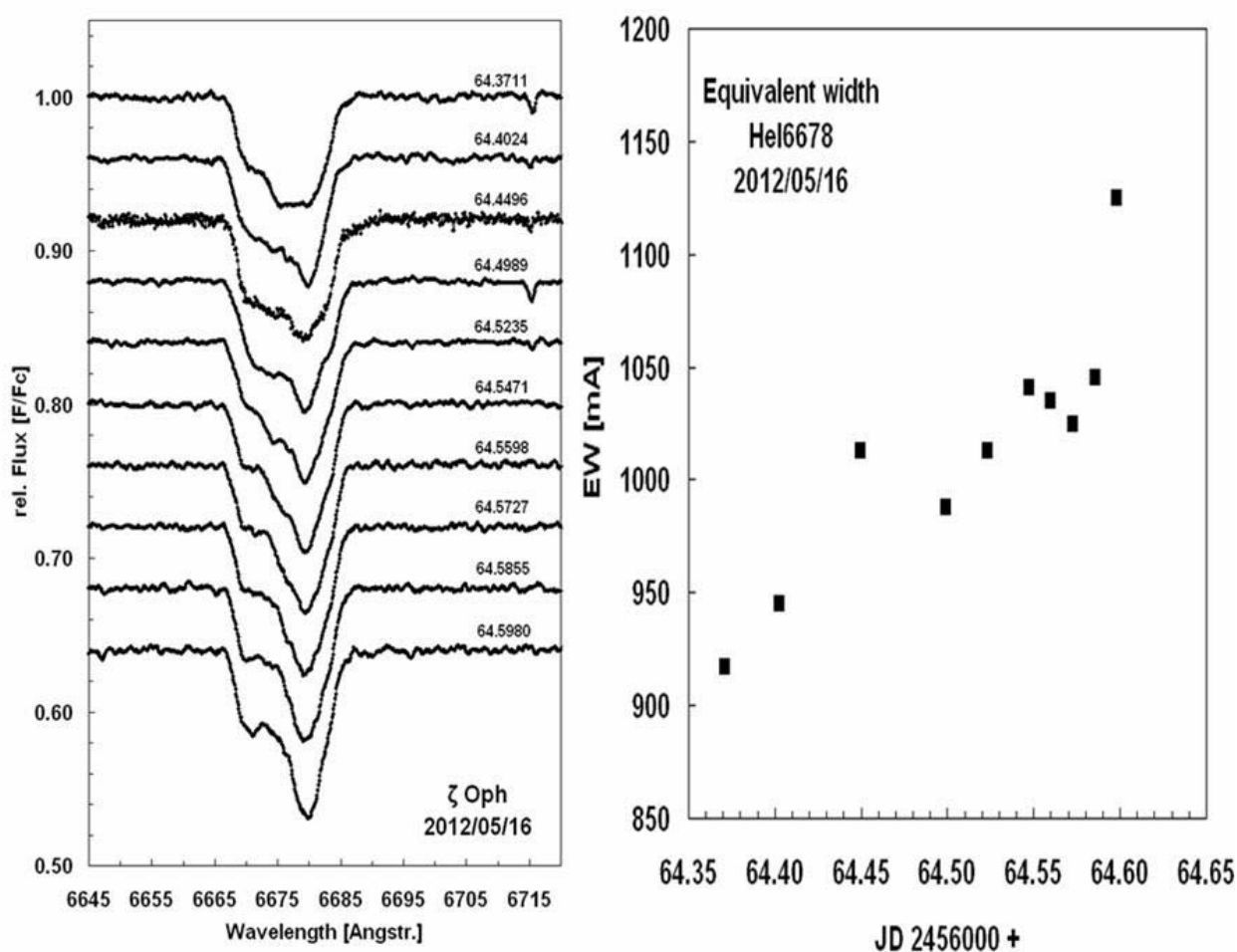


Bild 3: Spektrenserie vom 16.5.12 (links) und zeitlicher Verlauf (rechts) eigener EW-Messungen der HeI6678-Absorptionslinie

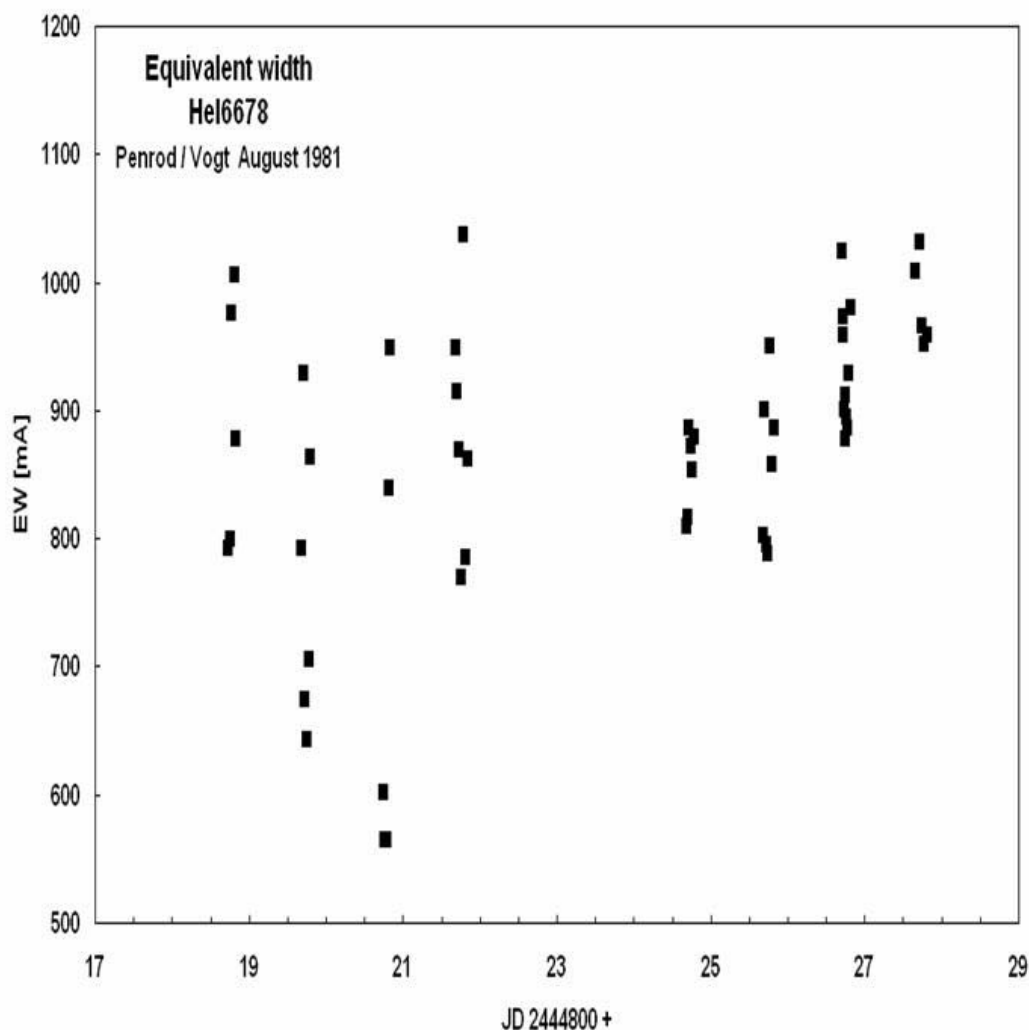


Bild 4: Harmanec's Messungen der Äquivalentbreite EW der Hel6678-Linienprofile in Spektren von V&P auf Basis v. Planimetermessungen

Beobachtungen 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

- 1) Die Linienprofile sind geprägt vom Erscheinen und Verschwinden eines „Emissions-„bumps“ 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).
- 2) Analog zu den Bemühungen von Harmanec (Bull. Astron. Inst. Czechol. 40, 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).

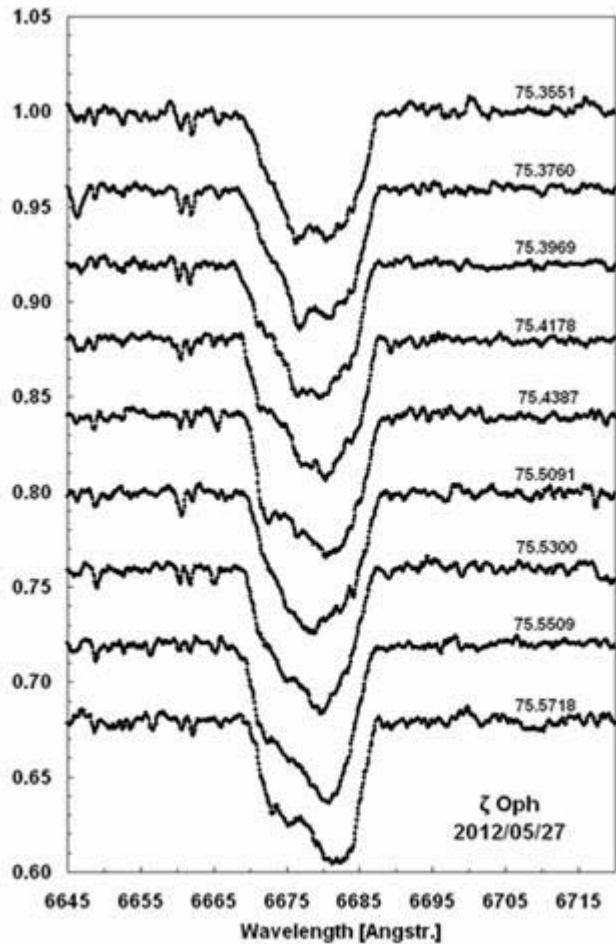
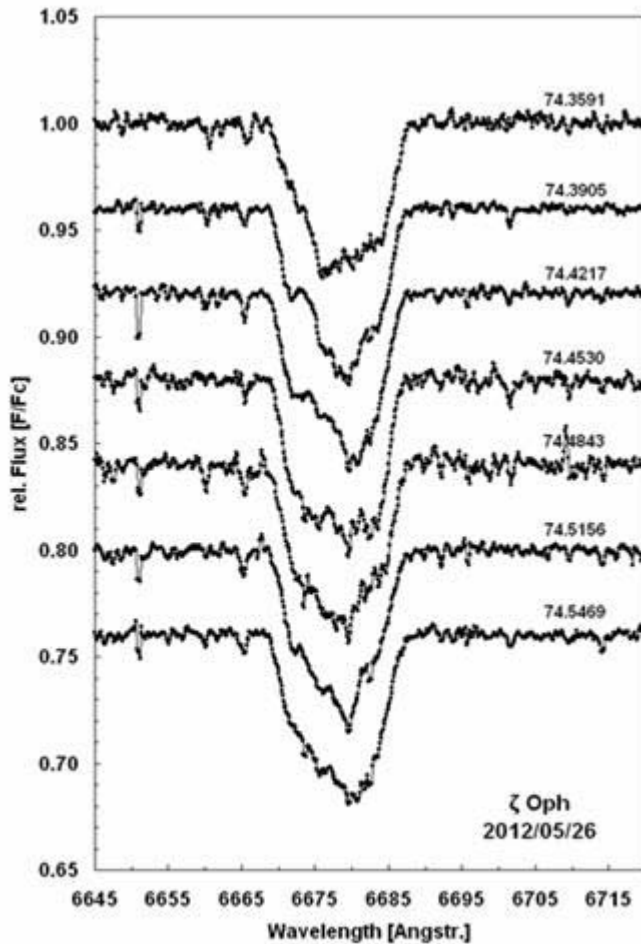
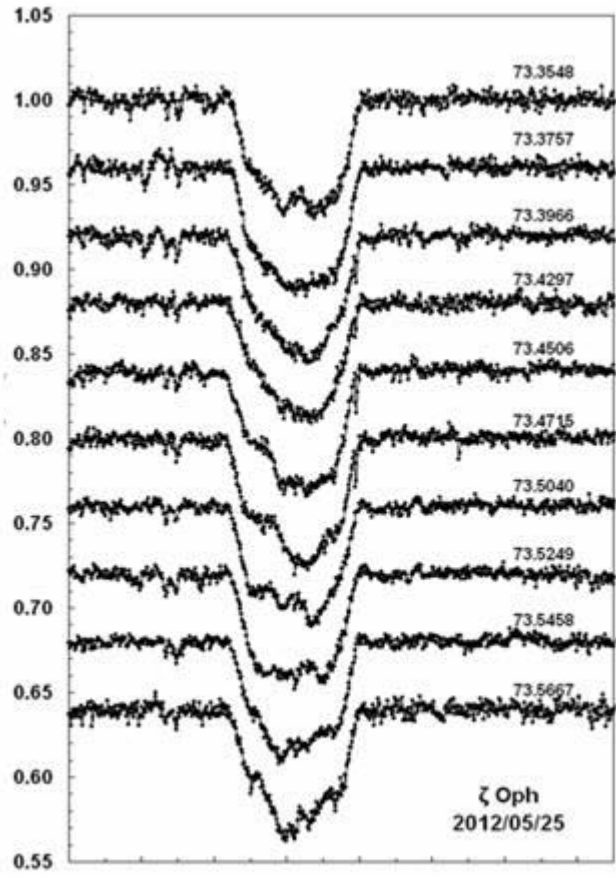
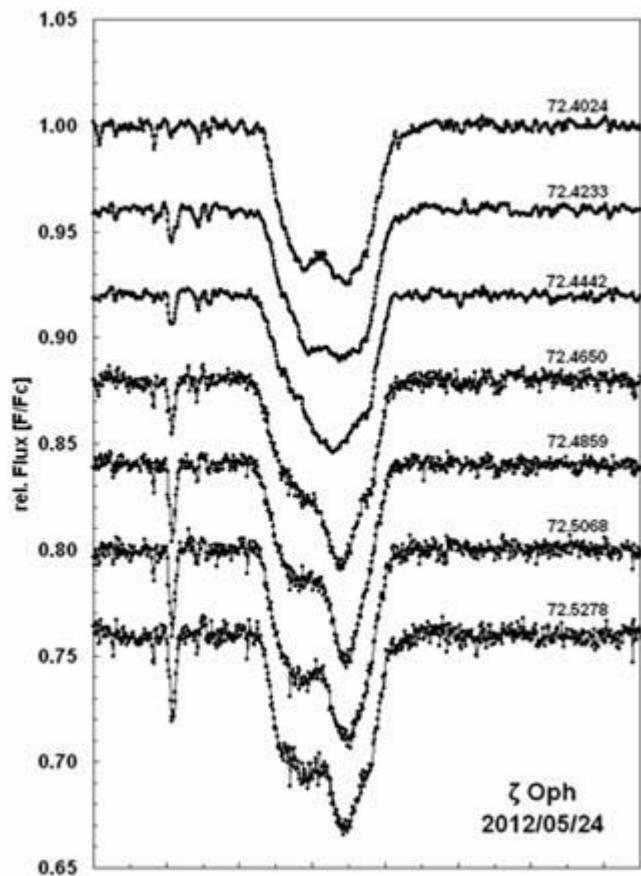


Bild 5: Einzelspektren aus der Beobachtung vom 24.-27.5.12

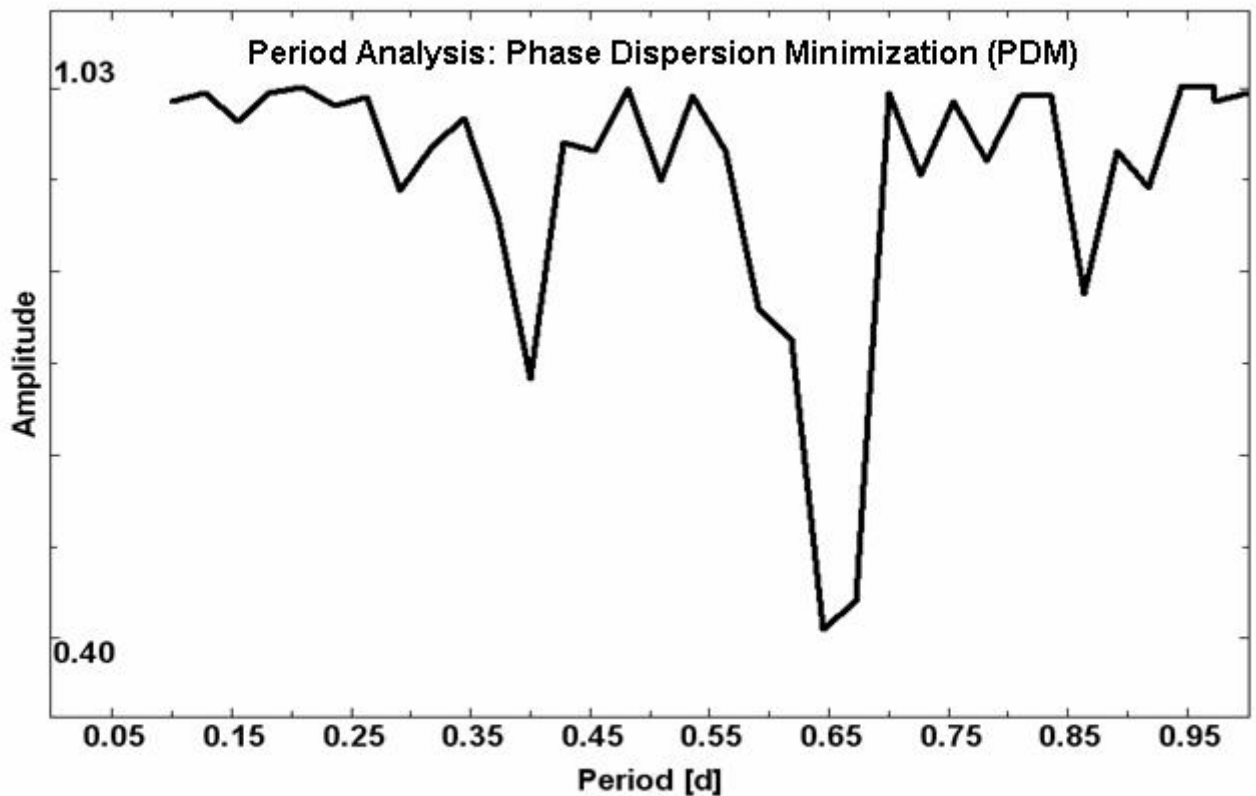
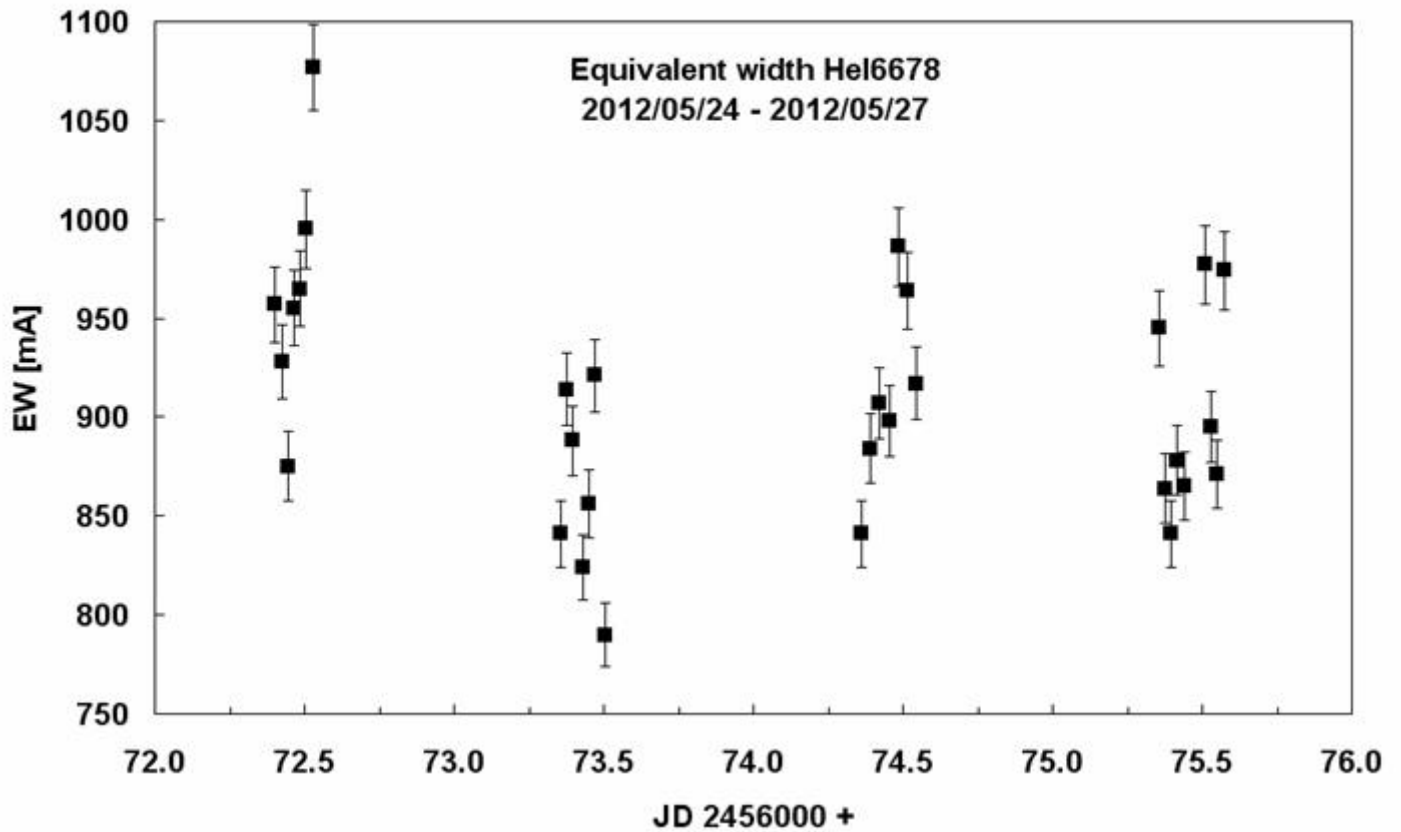


Bild 6: Änderungen der Äquivalentbreite EW von HeI6678 im Verlauf der Beobachtungszeit (oben) und der Versuch einer Periodenanalyse (unten) wie im Text beschrieben.