

# Das BAV-Programm der Delta-Scuti-Veränderlichen - Teil 1

Gerold Monninger

Verfolgt man die Entwicklung der BAV von ihren Anfängen bis heute, so darf man mit Freude feststellen, dass sich aus einer ehemals geringen Anzahl an regelmäßig beobachteten Sternen ein inzwischen sehr beachtliches Programm entwickelt hat, das den unterschiedlichen Neigungen und Möglichkeiten der Beobachter entgegen kommt.

Für Freunde schneller Veränderlicher finden wir im BAV Circular für 2010, etwas versteckt zwischen den Programmen der RR-Lyrae-Sterne und den Cepheiden, das BAV-Programm Delta-Scuti-Sterne (DS) mit 27 ausgewählten Sternen. Einige dieser Sterne werden bereits in den BAV-Mitteilungen Nr. 1 aufgeführt, die im Januar 1951 ausgegeben wurden. So finden wir im damaligen Beobachtungsprogramm der RR-Lyrae-Sterne die kurzperiodischen Veränderlichen XX Cyg, BD-02911 (EH Lib) sowie DY Peg. Die Bezeichnung „Delta-Scuti-Veränderliche“ war damals noch unbekannt. Viele Sterne dieses Typs warteten erst noch auf ihre Entdeckung.

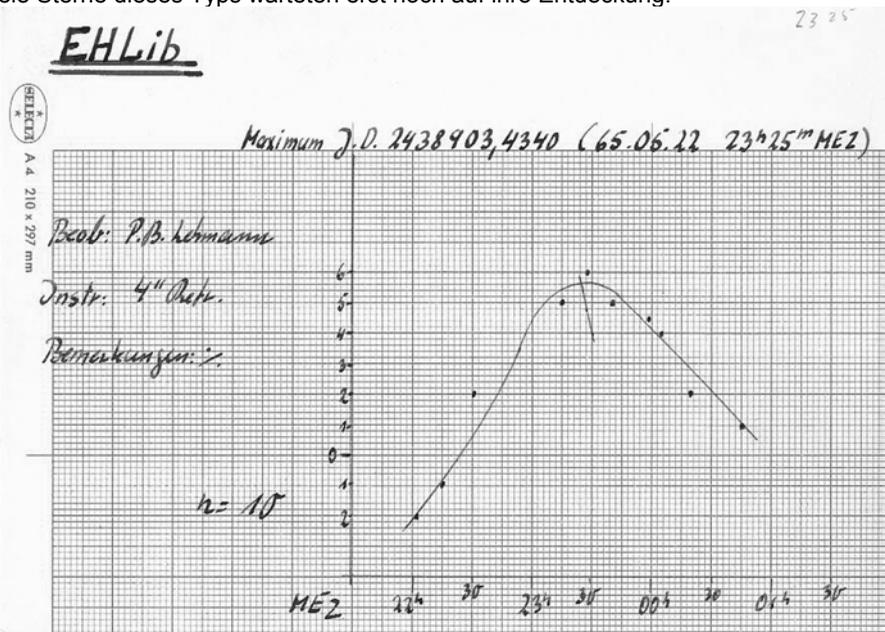


Abb1. Eine der ersten Lichtkurven des Delta-Scuti -Veränderlichen EH Lib aus der BAV-Datenbank visuell beobachtet von Peter B. Lehmann im Jahre 1965.

Die Veränderlichkeit von Delta Scuti, dem Namensgeber dieser Gruppe von Veränderlichen, wurde bereits im Jahre 1935 von E.A. Fath durch lichtelektrische Photometrie mit einem 12 inch Refraktor am Lick Observatory festgestellt [1]. Der Begriff der Delta-Scuti-Veränderlichen als eigenständiger Veränderlichkeitstyp entwickelte sich jedoch erst langsam Mitte der fünfziger Jahre durch die Entdeckung

weiterer Veränderlicher, die dieser Gruppe zugeordnet wurden. Die ersten entdeckten Delta-Scuti-Veränderlichen waren jene mit größerer Amplitude, deren Lichtkurvenform denen der Delta-Cephei- bzw. RR-Lyrae-Veränderlichen gleicht. Bis sich schließlich der Begriff der Delta-Scuti-Sterne in der Fachwelt etablieren konnte, findet man daher in der historischen Literatur Bezeichnungen wie Zwergcepheiden (dwarf cepheids), ultrakurzperiodische Veränderliche, AI-Velorum-Sterne oder RRs-Veränderliche. Unter „größerer Amplitude“ versteht man bei Delta-Scuti-Veränderlichen einige zehntel Größenklassen.

Verbesserungen in der Beobachtungstechnik in den 80-er und 90-er Jahren, sowie Beobachtungsprogramme wie OGLE, MACHO und die Satellitenmission Hipparcos, hatten einen sehr großen Einfluss auf die Entdeckung weiterer Veränderlicher. So wurden im Katalog der Delta-Scuti-Sterne [2] aus dem Jahre 2000 bereits 636 Veränderliche dieser Gruppe aufgeführt. Davon zeigen 30 Prozent Amplituden kleiner als 0,02 mag und 80 Prozent wiesen Perioden kleiner als 0,15 Tage auf. Einen weiteren Fortschritt brachten der All Sky Automated Survey (ASAS) und insbesondere der Northern Sky Variability Survey (NSVS) mit der Beobachtung von über 14 Millionen Sternen im Helligkeitsbereich bis etwa  $V \sim 15,5$  mag, die sich als wahre Fundgruben für die Entdeckung neuer Veränderlicher erwiesen [3], [4]. Schon jetzt kann man auf die zur Zeit startenden bzw. im Aufbau befindlichen Projekte wie die ESA-Mission GAIA [5] sowie das Panoramic Survey Telescope And Rapid Response System (Pan-STARRS) und Large Synoptic Survey Telescope (LSST) gespannt sein. Mit einem Primärspiegeldurchmesser von 8,4 m und einer CCD-Kamera von 3200 Megapixel kann LSST ein Gesichtsfeld von 3,5 Grad Durchmesser am Himmel abbilden. Alle diese Projekte erfassen Sterne bis jenseits der 20. Größenklasse mit großer Präzision, und sie werden die Anzahl neu entdeckter Veränderlicher – auch die der Delta-Scuti-Veränderlichen - nochmals deutlich erhöhen.

### **Wie entstand das BAV-Programm Delta-Scuti-Sterne (DS)?**

Wie in einem alten Rundbrief zu lesen ist, wurde im Jahre 1990, durch unser in jenen Jahren sehr aktives Mitglied Dr. Edgar Wunder, das damalige Programm der RR-Lyrae-Veränderlichen überarbeitet und mit dem Programm 90 deutlich ausgebaut. Im selben Zeitraum wurde auch das Programm der Delta-Scuti-Sterne aus der Taufe gehoben, einer Zusammenstellung sehr interessanter kurzperiodischer Pulsationsveränderlicher, überwiegend HADS (**H**igh **A**mplitude **D**elta-**S**cuti-Sterne). Einige dieser Veränderlichen wurden aus dem alten RR-Lyrae-Programm übernommen und hier neu einsortiert. HADS gehören zur Untergruppe von Delta-Scuti-Veränderlichen mit Amplituden  $A_V > 0,3$  mag, die überwiegend mit radialen Schwingungen pulsieren. Bei radialen Schwingungen ändert der Stern nur seinen Radius und behält seine Kugelsymmetrie bei. Im BAV-Programm finden wir aber auch sehr helle und bis heute sehr selten beobachtete Veränderliche der 5. bzw. 6. Größenklasse mit kleineren Amplituden ( $A_V \approx 0.2$  mag) wie IM Tau oder OX Aur, die nicht zur Gruppe der HADS gerechnet werden.

### **Aber was sind nun Delta-Scuti-Sterne?**

Verlängert man den Instabilitätsstreifen der Delta-Cephei- und RR-Lyrae-Veränderlichen, dann findet man die Gruppe der Delta-Scuti-Veränderlichen auf oder ein wenig über der Hauptreihe im Hertzsprung-Russel-Diagramm mit Spektralklassen

im Bereich von A bis F. Delta-Scuti-Veränderliche bilden eine sehr heterogene Gruppe. Unter ihnen finden wir Sterne im Vorhauptreihen- und Hauptreihenstadium, aber auch solche, die sich von der Hauptreihe bereits wegentwickelt haben. Der innere Aufbau und die chemische Zusammensetzung der Sterne unterscheidet sich daher beträchtlich. Sie pulsieren in der Regel mit Perioden zwischen 0.02 und 0.25 Tagen. Delta-Scuti-Veränderliche gehören sehr häufig zu Sternen der Population I, wenige finden wir auch unter der metall-armen Population II – letztere werden als SX-Phe-Veränderliche bezeichnet. Die Ursache für die Pulsationen ist wie bei den Delta-Cephei- und RR-Lyrae-Veränderlichen sehr wahrscheinlich auf den Kappa-Mechanismus zurückzuführen.

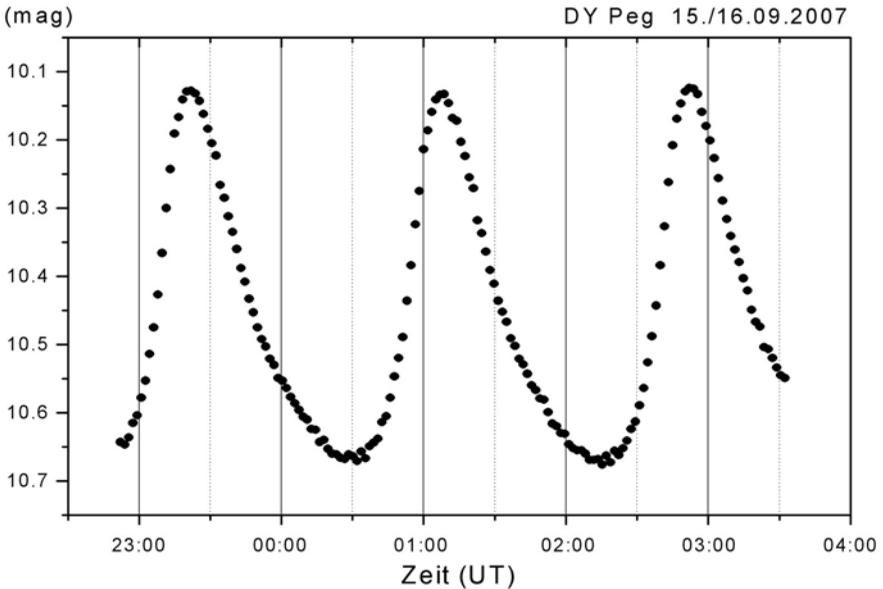


Abb.2 Lichtkurve des SX-Phe-Veränderlichen und BAV-Programmsterns der ersten Stunde DY Peg beobachtet von G. Monninger. CCD SBIG ST6 mit V-Filter, 34 cm Cassegrain bei f/9, Belichtungszeit 60 sec.

Typische Delta-Scuti-Sterne pulsieren in einer Vielzahl simultan angeregter radialer und nicht-radialer Schwingungsmoden mit sehr kleinen Amplituden. Ihre Lichtkurven zeigen daher oft sehr komplexe Formen. In der Literatur findet man für diese Delta-Scuti-Sterne auch die Bezeichnung LADS ( **L**ow **A**mplitude **D**elta-**S**cuti-Sterne). Die LADS eignen sich daher in idealer Weise zur Astroseismologie. Denn die beobachteten Schwingungen können mit berechneten Sternmodellen verglichen werden und geben so indirekt Rückschlüsse auf den inneren Aufbau des Veränderlichen und seine Entwicklung. Mit der heutigen Messtechnik ist es möglich, simultan angeregte Schwingungen mit Amplituden im sub-mmag-Bereich nachzuweisen. Allerdings sind zur genauen Bestimmung der Schwingungsfrequenzen zeitlich sehr langwierige Messreihen mit hoher photometrischer Präzision, sowie eine sehr sorgfältige Auswahl konstanter Vergleichsterne notwendig [6]. So wurden für FG

Vir, einem der am besten beobachteten LADS, nach einer gesamten Beobachtungszeit von über 2000 Stunden mehr als 75 Schwingungsfrequenzen entdeckt. Während die Schwingungsfrequenzen aus den photometrischen Daten gewonnen werden, werden zur Modenidentifikation hochaufgelöste Zeitserienspektren herangezogen [7].

### Warum haben HADS eine viel größere Amplitude als die übrigen Delta-Scuti-Veränderlichen?

Die beobachteten Amplitudenhöhen der Delta-Scuti-Sterne können bisher von theoretischen Modellrechnungen nicht genau vorausgesagt werden. Durch viele Beobachtungen ist aber inzwischen bekannt, dass die Rotation des Sterns eine sehr wichtige Rolle spielt. HADS sind keine typischen Sterne am unteren Instabilitätsstreifen des Hertzsprung-Russell-Diagramms. Üblicherweise rotieren hier die Sterne mit  $\sim 150$  km/s. Im Vergleich dazu findet man für alle HADS langsame Rotationsgeschwindigkeiten mit  $v \sin i \leq 30$  km/s. Radiale Schwingungsmoden werden also wesentlich durch die stellare Rotation beeinflusst. Hohe Amplituden werden nur bei Sternen mit langsamer Rotationsgeschwindigkeit beobachtet [6]. HADS pulsieren überwiegend in radialen Schwingungsmoden, häufig in der Grundschwingung. Sie ähneln daher den klassischen Veränderlichen im Instabilitätsstreifen wie den Cepheiden oder RR-Lyrae-Sternen.

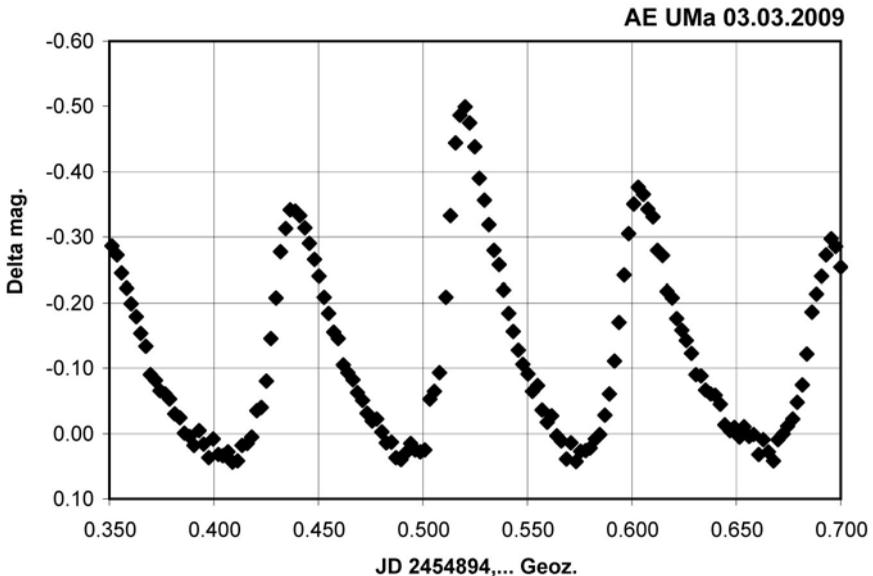


Abb.3 Aktuelle Lichtkurve des Delta-Scuti-Veränderlichen und BAV-Programmsterns AE UMa von U. Schmidt. Instrument: ST7 ungefiltert, 20 cm Schmidt-Cassegrain f/3,5, Belichtung 60 sec. AE UMa ist ein schönes Beispiel für einen doppelperiodischen HADS. Die Lichtkurve zeigt recht eindrücklich die Überlagerung der radialen Grundschwingung ( $P_0=0.086017076d$ ) und der ersten radialen Oberschwingung ( $P_1=0.066528358d$ ) [8], wie sie innerhalb einer Nacht beobachtet werden kann.

Unter den HADS finden wir aber auch mehrfachperiodische Veränderliche, die zusätzlich in der ersten Oberschwingung pulsieren, wie bei unserem BAV-Programmstern AE UMa (Abb.3).

Dass es sich dabei um radiale Moden handelt, konnte durch das Periodenverhältnis zwischen der Grund- und ersten Oberschwingung, wie sie bei doppelperiodischen HADS beobachtet wurden, gezeigt werden. Je nach Metallizität des Sterns sagen Modellrechnungen ein  $P_1/P_0 = 0.74...0.78$  voraus [9] – mit den angegebenen Perioden aus Abb.3 erhalten wir für AE UMa ein  $P_1/P_0 \approx 0.77$  – in guter Übereinstimmung mit der Theorie. Neuere Beobachtungen an V974 Oph legen inzwischen den Schluss nahe, dass auch in HADS nicht nur radiale, sondern auch nicht-radiale Schwingungen angeregt werden können [10].

Zusammenfassend lässt sich also sagen, ein typischer Delta-Scuti-Veränderlicher rotiert nicht langsam, hat sehr kleine Amplituden und pulsiert überwiegend in nicht-radialen Schwingungsmoden. Können radiale Schwingungen beobachtet werden, so sind auch diese i. A. von sehr kleiner Amplitude [6]. Von den vielen bis heute entdeckten Delta-Scuti-Veränderlichen bildet die Gruppe der HADS eine Minderheit, die aber lohnenswerte und reizvolle Beobachtungsobjekte für Amateure und Hobbyastronomen darstellen. Die beispielhaft in diesem Bericht abgebildeten Lichtkurven zeigen sehr deutlich, dass innerhalb weniger Stunden - ob visuell oder mit CCD-Kamera - eindrucksvolle Lichtkurven gewonnen werden können. Die hellen HADS des BAV-Programms Delta-Scuti-Sterne (DS) sind daher ohne Einschränkung für Anfänger und Interessenten geeignet!

Was macht HADS für uns Amateure so interessant? Wie systematisch wurden sie bisher innerhalb der BAV beobachtet? Mehr dazu in einem der nächsten Rundbriefe.

## Literatur

- [1] Fath, E.A. 1935, PASP 47, 232
- [2] Rodriguez, E., Lopez-Gonzalez, M.J., Lopez de Coca, P. 2000, Astron. Astrophys. Suppl. Ser. 144, 469-474
- [3] Wils, P, Lloyd C., Bernhard, K. 2006, MNRAS 368, 1757-1763
- [4] Hoffman, D.I.; Harrison, T.E.; McNamara, B.J. 2009, AJ 138, 466-477
- [5] Eyer, L., Mowlavi, N., Varadi, M., Spano, M., Lecoeur-Taibi, I., Clementini, G. 2009 SF2A
- [6] Breger, M. 2007, Comm. In Asteroseismology 150, 25-30
- [7] Daszynska-Daszkiewicz, J., Dziembowski, W.A., Pamyatnykh, A.A., Breger, M., Zima, W., Houdek, G. 2005, A&A 438, 653-660
- [8] Pocs, M.D., Szeidl, B. 2001, A&A 368, 880-887
- [9] Cox, A.N., King, D.S., Hodson, W. 1979 ApJ 228, 870
- [10] Poretti, E. 2003, A&A 409, 1031-1035