

DK And: Neuklassifizierung als EW Bedeckungsveränderlicher mittels CCD Beobachtungen

Franz-Josef Hamsch und Dieter Husar

unter Mitverwendung von Beobachtungsreihen von
K. v. Poschinger und Frank Walter

Abstract:

This paper describes the reclassification of DK And, formerly classified as RRc type star, as EW binary. 1599 CCD unfiltered and filtered (V and R band) observations between 1999 and 2005 show, that the star is actually an eclipsing binary star with a period of $P = 0.4892224 \pm 0.0000002$ [d] with epoch $E_0 = 2451435.4353 \pm 0.0010$ (if all historic data were taken into account). From our new observations 12 timings of minimum light are given.

1) Einführung

Der Veränderliche DK And wurde erstmals von Götz, Huth und Hoffmeister in 1957 [1] beobachtet. Es wurde eine Periode $P = 0.243655$ [d] mit der Epoche $E_0 = 2429130.407$ und einer Variation der Amplitude von $\Delta m = 0.5$ mag, bestimmt. Dies sind auch die Referenzelemente im GCVS. In Ref. [1] wird nur eine schnelle Variabilität diskutiert, aber die Genauigkeit der Beobachtungen reichten nicht aus, um den Stern eindeutig als RR Lyrae oder W Ursae Majoris Stern zu klassifizieren. Es wurde allerdings schon damals erkannt, dass die Lichtkurve recht symmetrisch war.

In seiner 1982 veröffentlichten detaillierten spektroskopischen Studie von RRc Lyrae Sternen schloss Kemper [2] DK And nicht als Bedeckungsveränderlichen aus, obwohl er es für andere Sterne wohl tat.

In 1992 gab Ratcliff [3] ohne nähere Begründung dem Stern die Bezeichnung 'RR:'. Keine der bekannten Literaturstellen schließt also eine Zuordnung von DK And zu den RR Lyrae Sternen aus.

Die GEOS RR Lyrae Datenbank [4] enthält 10 Maxima von 1938 bis 2005. Signifikante Abweichungen der berechneten von den beobachteten Maximumzeiten (O-C) deuten darauf hin, dass der GCVS falsche Elemente für DK And enthält.

Die GEOS RR Lyrae Datenbank [4] enthält 10 Maxima von 1938 bis 2005. Signifikante Abweichungen der berechneten von den beobachteten Maximumzeiten (O-C) deuten darauf hin, dass der GCVS falsche Elemente für DK And enthält.

2) Neue CCD Beobachtungen und Reklassifizierung

Neue CCD Beobachtungen aus den Jahren 1999 bis 2005 wurden für die hier vorgestellte Analyse benutzt. Insgesamt wurde der Stern von Husar (HSR) in 4 Nächten zwischen 1999 und 2004, von Poschinger (PC) [5] in 5 Nächten zwischen 2003 und 2005, von Walter (WTR) [6] in 4 Nächten zwischen 2004 und 2005, beobachtet. Hamsch (HMB) beobachtete den Stern an 2 Nächten in 2005 mit V und R Band Filtern. Insgesamt wurden 1599 CCD Messungen über einen Zeitraum von 2236 Tagen gemacht.

Es wurden folgende Referenzsterne verwendet: GSC 3649-0879 ($V = 12.7$ mag; USNO A2.0: $R = 13.0$ mag); GSC 3649-1549 ($V = 12.35$ mag; USNO A2.0: $R = 12.5$ mag) und GSC 3645-1799 ($V = 12.21$ mag; USNO A2.0: $R = 12.5$ mag).

Zur Datenreduktion wurde das Programm PERANSO Vers. 2.1 [7] eingesetzt. Abb. 1 zeigt die reduzierte Lichtkurve, wobei nur geringfügige Anpassungen der verschiedenen Beobachtungen aufgrund unterschiedlichen Instrumentariums nötig waren.

Aufgrund der stark symmetrischen Form der reduzierten Lichtkurve ist die Wahrscheinlichkeit sehr groß, dass DK And als EW Bedeckungsveränderlicher einzustufen ist. Die Amplitude von $D_m = 0.55$ mag ist ebenfalls typisch für EW Sterne.

Nach Analyse aller Daten mittels doppelter Periode konnte kein Unterschied zwischen Haupt- und Nebenminimum gefunden werden.

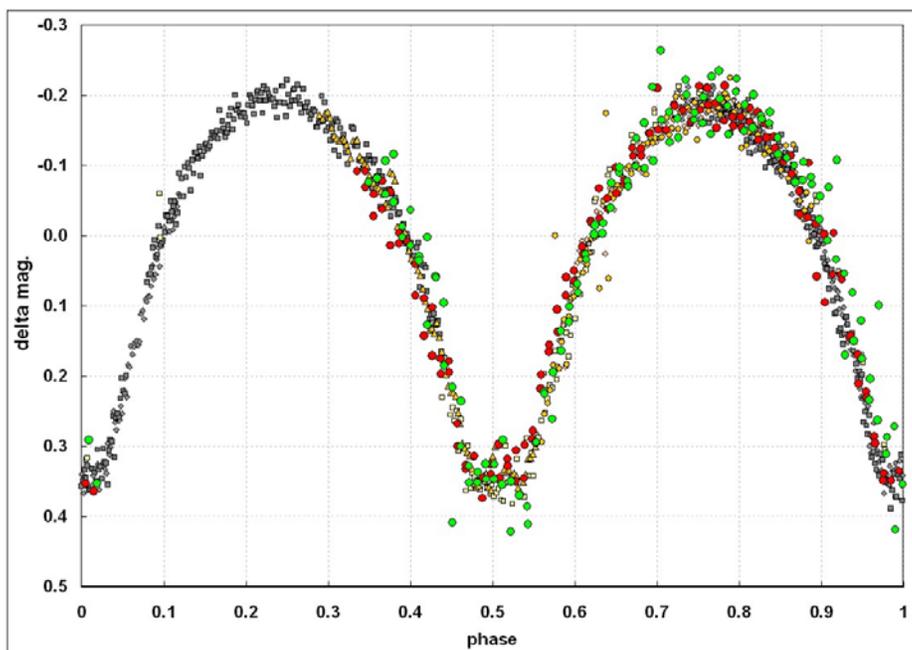


Abb. 1:

Reduzierte Lichtkurve von DK And basierend auf CCD Beobachtungen 1999 bis 2005 (nur Beobachtungen von HMB, HSR und WTR)

- berechnet mit vorläufigen Elementen: $E_0 = 2451435.434$ und $P = 0.489223$ [d]

Der deutlichste Hinweis zur Reklassifizierung von DK And kommt allerdings von den gefilterten Beobachtungen. Die V und R Breitbandfiltermessungen zeigen keine signifikanten Anzeichen einer Änderung des Farbindex mit der Phase, wie in Abb. 2 zu sehen ist.

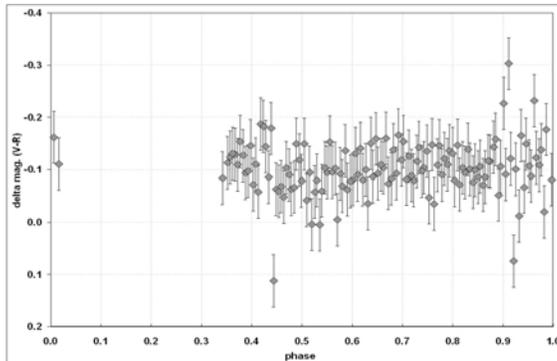


Abb. 2: Phasenbezogene V-R Lichtkurve von DK And basierend auf den gefilterten CCD Beobachtungen von HMB
 - berechnet mit den neuen Elemente: $E_0 = 2451435.4353$ und $P = 0.4892224$ [d]

3) Analyse von ROTSE-I Daten

Abb.3 zeigt die mit unseren neuen Elementen berechnete reduzierte Lichtkurve der frei zugänglichen Daten des ROTSE-I Projektes [8] aus dem NSVS [9]. Die Amplitude von ungefähr $\Delta m = 0.6$ mag stimmt mit unseren Beobachtungen recht gut überein. Es zeigt sich aber eine leichte Abweichung in Bezug auf die Epoche. Diese kann aber auf die doch großen photometrischen Fehler der ROTSE-I Daten (Standardabweichung: ± 0.05 mag; Magnituden Streuung: ± 0.128 mag, nach Angaben aus dem NSVS [9]) zurückgeführt werden. Ebenfalls kann man den deutlicheren Unterschied zwischen Haupt- und Nebenminimum, auf die schlechte photometrische Qualität der Daten zurückführen.

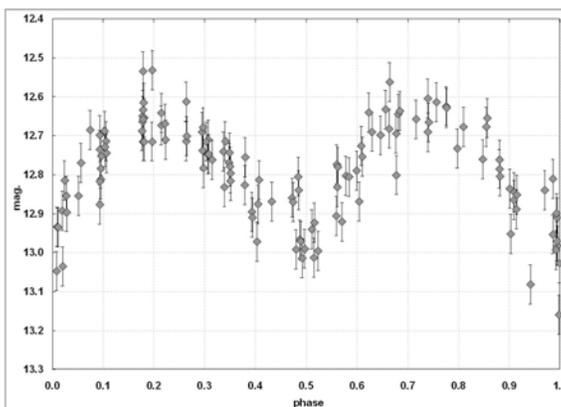


Abb. 3: Reduzierte Lichtkurve von DK And basierend auf ROTSE-I Daten [8] des NSVS [9] - berechnet mit den neuen Elementen: $E_0 = 2451435.4353$ and $P = 0.4892224$ [d]

4) Neue CCD Minima und neue Elemente von DK And

Zur präziseren Bestimmung der Periode wurden alle Minima der neuen CCD Beobachtungen extrahiert. Alle Resultate von Poschinger, die schon als Maxima publiziert sind, wurden neu analysiert um die Minimumzeiten zu bestimmen.

Die Minimumzeiten wurden als Minimum eines Polynoms und/oder mit der Kwee van Woerden Methode, beide implementiert in Peranso [7], bestimmt. Die systematischen Fehler, aufgrund verschiedener Bestimmungsmethoden, sind in den angegebenen Fehlern der Tabelle 1 enthalten.

| epoch | type of MIN | HJD (MIN) | ± * | (O-C)1 | (O-C)2 | rem./obs. |
|---------|-------------|--------------|--------|---------|---------|-----------|
| -45593 | calc. prim. | 2429130.29 | 0.03 | 0.0387 | -0.0287 | Götz |
| -45532 | calc. prim. | 2429160.23 | 0.03 | 0.1371 | 0.0697 | Götz |
| -44563 | calc. prim. | 2429634.19 | 0.03 | 0.0352 | -0.0308 | Götz |
| -43461 | calc. prim. | 2430173.37 | 0.03 | 0.0966 | 0.0321 | Götz |
| -35808 | calc. prim. | 2433917.37 | 0.03 | 0.0618 | 0.0081 | Götz |
| -35792 | calc. prim. | 2433925.19 | 0.03 | 0.0542 | 0.0005 | Götz |
| -2847.5 | calc. sec. | 2450042.376 | 0.002 | 0.0096 | 0.0020 | Birkner |
| 0 | prim. | 2451435.4319 | 0.0021 | 0.0002 | -0.0034 | HSR |
| 2 | prim. | 2451436.4102 | 0.0024 | 0.0001 | -0.0035 | HSR |
| 2990.5 | sec. | 2452898.4539 | 0.0056 | -0.0016 | -0.0010 | PC |
| 2997 | prim. | 2452901.6320 | 0.0080 | -0.0034 | -0.0028 | HSR |
| 3050 | prim. | 2452927.5628 | 0.0035 | -0.0015 | -0.0008 | PC |
| 3109 | prim. | 2452956.4283 | 0.0042 | -0.0002 | 0.0005 | PC |
| 3190.5 | sec. | 2452996.3016 | 0.0037 | 0.0013 | 0.0022 | PC |
| 4464.5 | sec. | 2453619.5723 | 0.0051 | 0.0010 | 0.0036 | PC |
| 4478.5 | sec. | 2453626.4212 | 0.0043 | 0.0007 | 0.0033 | HMB |
| 4480.5 | sec. | 2453627.3979 | 0.0039 | -0.0010 | 0.0016 | HMB |
| 4527.5 | sec. | 2453650.3963 | 0.0048 | 0.0038 | 0.0066 | WTR |
| 4570.5 | sec. | 2453671.4274 | 0.0048 | -0.0017 | 0.0011 | WTR |

Tabelle 1: Alle verfügbaren Minimumzeiten für DK And

Minima der photographischen und CCD Beobachtungen von Götz et al. und Birkner (berechnet aus publizierten Maxima und Abzug von P/4) neue Minimumzeiten aus CCD Beobachtungen

- Berechnete (O-C)1 Werte basierend auf den Elementen (1) dieses Manuskripts

- Berechnete (O-C)2 Werte basierend auf den Elementen (2) dieses Manuskripts

* Fehler der Minimumbestimmung

rem./obs.: HMB = Hambsch, HSR = Husar, PC = Poschinger, WTR = Walter

Basierend auf allen neuen CCD Daten kommen wir zu den folgenden neuen Elementen für DK And:

$$\text{HJD(Max)} = 2451435.4317 + 0.4892238 \text{ [d]} \times E \quad (1)$$

$$\pm 0.0004 \pm 0.0000002 \text{ [d]}$$

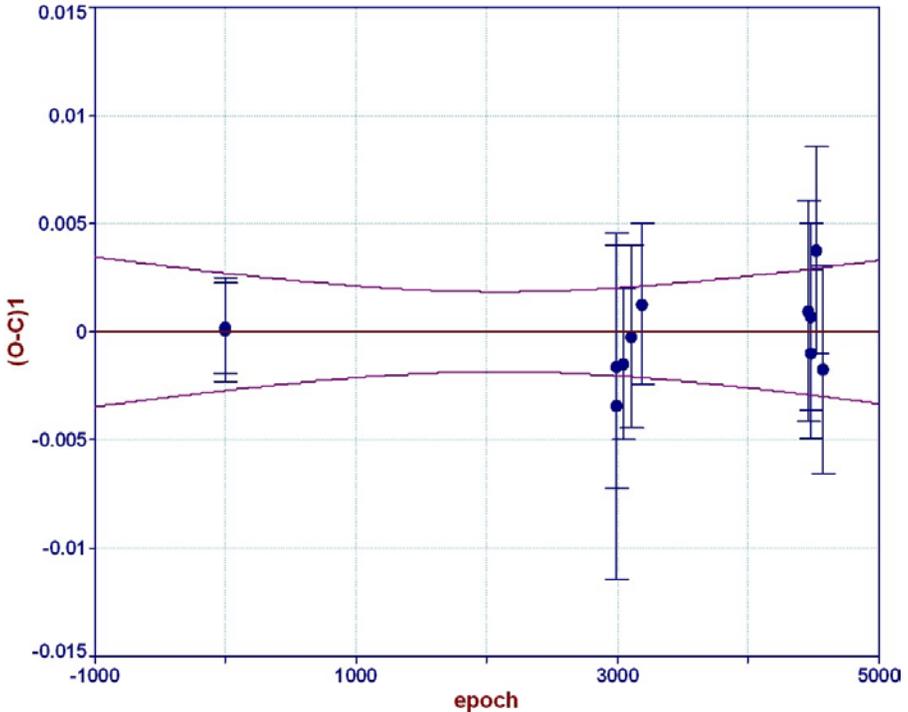


Abb. 4: (O-C)1 Diagramm von DK And

- nur CCD Beobachtungen von HMB, HSR, PC und WTR
- Berechnete (O-C)1 Werte mit den Elementen (1): $E_0 = 2451435.4317$ and $P = 0.4892238$ [d]
- die Abb. zeigt den 99.9% Konfidenz-Bereich

5) Berechnung der neuen Elemente für DK And aus allen zur Verfügung stehenden Daten

Um zu einer höheren Präzision der Periode P zu kommen wurden auch die historischen, photographischen Beobachtungen (bis zurück in 1938) in die Berechnungen mit aufgenommen: von allen photographischen Maximumzeiten von Götz et al. [1] und das CCD Maximum von Birkner (aus der GEOS Datenbank [4]) wurde P/4 subtrahiert. Alle Resultate sind wiedergegeben in Tabelle 1.

Die Analyse aller zur Verfügung stehender Daten ergeben folgende neue Elemente für DK And:

$$\text{HJD(Max)} = 2451435.4353 + 0.4892224 [d] \times E \quad (2) \\ \pm 0.0010 \pm 0.0000002 [d]$$

Die Elemente (1), basierend auf den neuen CCD Beobachtungen, weichen signifikant von den Elementen (2), welche alle historischen Daten für DK And berücksichtigen, ab.

Dies liegt wohl an der relative kurzen Zeitspanne, welche die CCD Daten im Verhältnis zu allen Daten überstreichen.

Die Differenz der Perioden $\Delta P(1-2) = 1.4 \times 10^{-6}$ ist allerdings ca. 4 mal größer, als der berechnete Fehler ($\pm 0.3 \times 10^{-6}$) der Periodendifferenz. Dies könnte aus einer Unterschätzung der systematischen Fehler der Minimumzeiten herrühren, oder aber auf eine Periodenänderung hinweisen. Man sollte dies allerdings auch nicht überstrapazieren, da es nicht so einfach ist, die Minimumzeiten genau zu bestimmen. Es sollte jedoch dazu anregen diesen Stern weiterhin zu beobachten.

6) Literatur

- [1] Götz, W., Huth, H., Hoffmeister, C.,
Veröffentlichungen Sternwarte Sonneberg (VSS) 4, 2, IX, p. 169 (1957)
- [2] Kemper, E., Astron. J., 87, 1395-1408 (1982)
- [3] Ratcliff, S., Collins, J., J. Am. Assoc. Variable star obs., Vol. 21, 16-19 (1992).
- [4] GEOS RR Lyrae database (<http://dbrr.ast.obs-mip.fr/>)
- [5] v. Poschinger, K., Private Mitteilung
- [6] Walter, F., Private Mitteilung
- [7] Vanmunster, T., 'Peranso' Version 2.1: Light Curve and Period Analysis Software,
(<http://www.peranso.com/>)
- [8] Wozniak, P.R. et al., Astron. J., 127, 2436-2449 (2004)
- [9] ROTSE-I Daten aus NSVS: (<http://skydot.lanl.gov/nsvs/nsvs.php/>)

Eine englische online Version dieser Arbeit im PDF Format mit zwei zusätzlichen Abbildungen und den farbigen Versionen der Abbildungen steht über folgende Internet-Adressen zum download bereit:

- mit reduzierter Abbildungsqualität (792 kB): <http://arxiv.org/abs/astro-ph/0607590>
- mit hoher Abbildungsqualität (1114 kB): <http://var.astro.cz/oejv/issues/oejv0044.pdf>

Adressen

Dr. F.-J. Hamsch, Oude Bleken 12, 2400 Mol-Millegem (Belgium); hamsch (at) telenet.be
Dr. D. Husar, c/o EAT SA, Rue du Séminaire 20A, 5000 Namur (Belgium); husar.d (at) gmx.de
Konstantin von Poschinger, Hammerichstr. 5, 22605 Hamburg (Germany)
Frank Walter, Denninger Str. 217, 81927 München (Germany)