

## PQ Vel - Ein heller Bedeckungsveränderlicher mit einem A-Riesen (english version after the german article)

Norbert Hauck

**Abstract:** *PQ Vel is known as an eccentric eclipsing binary of type EA. By fitting a synthetic light curve to the observations unknown parameters of the system have been evaluated, and the secondary component identified as F-type dwarf. The A-type giant mass has been estimated at 2.8 solar masses.*

PQ Vel (HIP 44612; ASAS 090523-4210.0) wurde bereits vom HIPPARCOS-Satelliten und dem automatisierten Überwachungsteleskop ASAS-3 beobachtet. Auf der Basis ihrer Beobachtungen wurde ein Lichtkurvenplot erstellt und eine Umlaufperiode von 22.2632 Tagen berechnet (Otero et al., 2004) [1]. Für die Primärkomponente wurde Spektraltyp A2/3 III(m) angegeben (Houk, 1978), und eine darauf basierende effektive Oberflächentemperatur von 9000K abgeleitet (Wright et al., 2003) [2].

In dieser Arbeit wurden mit einem per Internet kontrollierten 4-Zoll Refraktor ausgerüstet mit CCD-Kamera in Moorook, Australien, zusätzliche photometrische Beobachtungen gemacht. Die hier oben angegebene Periode ist in vollständiger Übereinstimmung mit den neuen Daten.

Alle verfügbaren photometrischen Daten wurden dann zur Bestimmung von Dauer und Tiefe der Minima, und der Phasenposition des Nebenminimums kombiniert. Auf dieser Basis wurden die orbitale numerische Exzentrizität  $e$  und die Länge des Periastrons  $\omega$ , das Radienverhältnis  $k$  der kleineren zur größeren Komponente, und abschließend die Bahnneigung  $i$  berechnet.

Mit diesen Ausgangswerten beginnend wurde dann die «Binary Maker 3» Software zum Anpassen der Radiengrößen und effektiven Oberflächentemperatur des Zwerges an Dauer und Tiefen der Minima eingesetzt. Die synthetische Lichtkurve für 550 nm Wellenlänge ist in Abb. 1 dargestellt und zeigt das ringförmige Hauptminimum für den sich vor dem heißeren Riesenstern bewegenden Zwerg und die totale Bedeckung des Zwerges im Nebenminimum. Die Apsidenlinie der exzentrischen Bahn ist nahezu in der Richtung unserer Sichtlinie orientiert. Datenpunkte der Minima wurden hinzugefügt. Sie stammen vom HIPPARCOS (Hp)-Datensatz per CDS, ASAS-3 Daten und eigenen neuen Beobachtungen. Standardabweichungen der Hp- und neuen Daten sind 0.01 bis kleiner 0.02 mag, und etwa 0.03 bis 0.04 mag für ASAS-Daten. Die Standardabweichung der 73 Datenpunkte zur synthetischen Lichtkurve beträgt 0.011 mag.

Die aus der HIPPARCOS-Photometrie bzw. -Parallaxenmessung (The New Reduction, Van Leeuwen, 2007) berechnete scheinbare visuelle Magnitude  $m$  und Entfernung des Doppelsternsystems ermöglichte die Ermittlung der absoluten visuellen Magnitude  $M$  des Systems. Für interstellare Extinktion wurde ein normaler  $A_V$ -Wert von 1 mag/kpc eingesetzt, der den erhöhten Farbindex  $B-V$  von 0.189 mag des Systems durch Rötung erklärt. Ein H-R Diagramm für 16631 Sterne vom HIPPARCOS-Katalog wurde zur Eingrenzung der Fehlerbreite der absoluten visuellen Magnitude des

Hauptreihenzwergs verwendet. Zum Schluss wurden die Massen beider Sterne geschätzt aus den Entwicklungswegen im H-R Diagramm für die chemische Zusammensetzung  $Y = 0.300$  and  $Z = 0.020$  (Schaller et al., 1992)[3]. Eine Übersicht der physikalischen Parameter von PQ Vel geben Tabellen 1 und 2.

**Tabelle 1: Parameter des Doppelsternsystems PQ Vel**

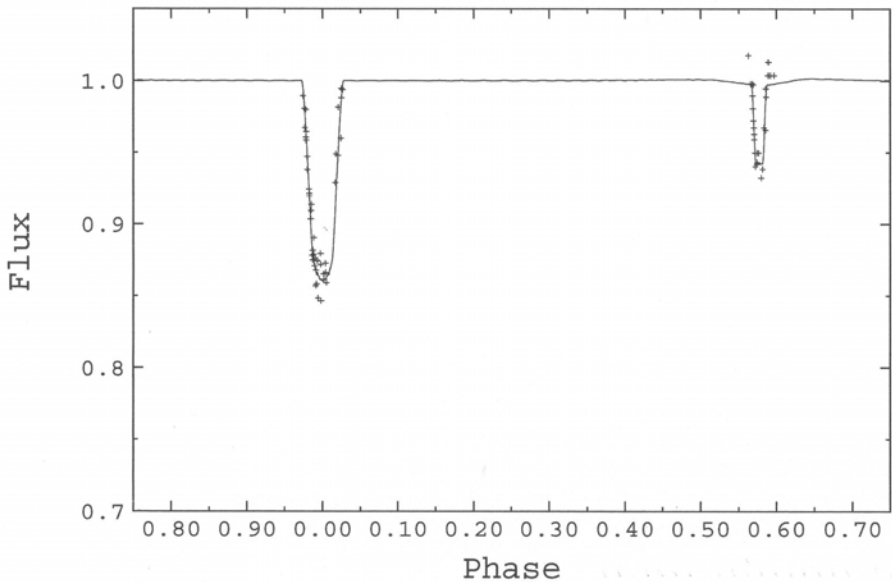
Periode [Tage]	22.2632	von [1], bestätigt
Epoche 0 [HJD]	2448256.80	Mitte Hauptminimum (Hp + Fit)
Parallaxe [mbs]	$2.92 \pm 0.56$	Hp: the New Reduction, 2007
Gesamtlicht [Vmag]	$7.624 \pm 0.001$	Hpmag umgeformt mit [4]
Hauptminimum [Vmag]	$7.788 \pm 0.005$	Hpmag umgeformt mit [4] + Fit
Nebenminimum [Vmag]	$7.69 \pm 0.02$	aus 4 Datenpunkten von ASAS-3
Farbindex B-V [mag]	$0.189 \pm 0.002$	Hp: the New Reduction, 2007
Bedeckungsdauer [Tage]:		
Hauptminimum	1.25	
Nebenminimum	0.47	0.22 (Kontakt 2 bis 3)
Phase Nebenminimum	0.578	Phase Hauptminimum = 0
Phase Periastron	0.589	
Länge Periastron $\omega$ [Grad]	283	
Exzentrizität e	0.48	
Bahnneigung i [Grad]	89.9 (89.0 - 90)	
Grosse Halbachse a [AE]	0.26 (0.23 - 0.33)	

**Tabelle 2: Parameter der Komponenten von PQ Vel**

Parameter	Primärstern	Sekundärstern
Spektraltyp	A2/3 III(m) von [2]	(F0-2 V, geschätzt aus Teff)
Teff [K]	9000 von [2]	7100
m [Vmag]	$7.69 \pm 0.02$	$10.72 \pm 0.28$
M [Vmag]	-0.3 (-0.8 - 0)	2.7 (2.2 - 3.0)
Leuchtkraft bol.[ $L_{\odot}$ ]	111 (84 - 175)	6 (5 - 10)
Radius [ $R_{\odot}$ ]	4.35 (3.78 - 5.46)	1.55 (1.35 - 1.95)
Masse [ $M_{\odot}$ ]	$2.8 \pm 0.2$	$1.55 \pm 0.10$

### Danksagungen

Diese Arbeit hat die vom **Centre de Données astronomiques (Strasbourg)**, France, geführten Datenbanken SIMBAD und VizieR genutzt (<http://cdsarc.u-strasbg.fr/>), sowie die ASAS-3 Datenbank (<http://www.astrouw.edu/asas/>). «Binary Maker 3» ist eine Software entwickelt von Bradstreet und Steelman (2004) (Eastern College, Pennsylvania, USA).



**Abbildung 1:** PQ Vel Lichtkurve für 550 nm erzeugt mit BM3 und Datenkreuze

#### Literaturzitate

- [1] S. A. Otero et al., IBVS **5557**, (2004); <http://www.konkoly.hu/IBVS/issues.html>
- [2] Tycho-2 spectral type catalog, Wright et al., Astron. Astrophys. **125**, 359, (2003)
- [3] G. Schaller et al., Astron. Astrophys. Suppl. Ser. **96**, 269-331, (1992)
- [4] Relation between Hp and V magnitudes, S.A. Otero, IBVS **5482**, (2003)

Norbert Hauck; F-83400 Hyères, France; E-Mail: [hnhauck@yahoo.com](mailto:hnhauck@yahoo.com)

## PQ Vel - A bright eclipsing binary containing an A-type giant

Norbert Hauck

**Abstract:** *PQ Vel is known as an eccentric eclipsing binary of type EA. By fitting a synthetic light curve to the observations unknown parameters of the system have been evaluated, and the secondary component identified as F-type dwarf. The A-type giant mass has been estimated at 2.8 solar masses.*

PQ Vel (HIP 44612; ASAS 090523-4210.0) has already been observed by HIPPARCOS satellite and ASAS-3 automated survey telescope. Based on their observations a light curve plot has been established, and a period of 22.2632 days calculated (Otero et al., 2004) [1]. For the primary component spectral type A2/3 III(m) has been reported (Houk, 1978) leading to a derived effective surface temperature of 9000 K based thereon (Wright et al., 2003) [2].

In this study additional photometric observations have been made using an internet controlled robotic 4-inch refractor equipped with CCD camera in Moorook, Australia. The period value given here above is completely consistent with the new data.

All available photometric data have then been combined for determining both durations and depths of the minima, and phase position of the secondary minimum. Based thereon numerical orbital eccentricity  $e$  and longitude of periastron  $\omega$ , the ratio  $k$  of radii of smaller to larger component, and, finally, orbital inclination  $i$  has been calculated.

Starting from these initial values the « Binary Maker 3 » software has then been used for fitting sizes of radii and effective surface temperature of the dwarf to durations and depths of the minima. The synthetic light curve for 550 nm wavelength is presented in Fig. 1 and shows the annular primary eclipse for the dwarf moving in front of the hotter giant star, and the total secondary eclipse of the dwarf. The line of apsides of the eccentric orbit is nearly orientated in the direction of our line of sight. Data points of the minima have been added. They have been taken from HIPPARCOS (Hp) data set via CDS, ASAS-3 data and own new observations. Standard deviations of Hp and new data are 0.01 to less than 0.02 mag, and about 0.03 to 0.04 mag for ASAS data. Standard deviation of the 73 data points to the synthetic light curve is 0.011 mag.

Apparent visual magnitude  $m$  and distance of the binary system calculated from HIPPARCOS photometry and parallax measurement (The New Reduction, Van Leeuwen, 2007), respectively, allowed to derive absolute visual magnitude  $M$  of the system. For interstellar extinction a normal  $A_v$  value of 1 mag/kpc has been applied explaining the increased color index B-V of 0.189 mag for the system by reddening. A H-R diagram for 16631 stars from the HIPPARCOS Catalogue has been used for limiting the uncertainty range of absolute visual magnitude of the main sequence dwarf. Finally, the masses of both stars have been estimated from evolutionary tracks on the H-R diagram for the chemical composition  $Y = 0.300$  and  $Z = 0.020$  (Schaller et al., 1992)[3]. An overview of physical parameters of PQ Vel is given in Tables 1 + 2.

**Table 1: Parameters of binary system PQ Vel**

Period [days]	22.2632	from [1], confirmed
Epoch 0 [HJD]	2448256.80	mid primary minimum(Hp + fit)
Parallax [mas]	$2.92 \pm 0.56$	Hp: the New Reduction, 2007
Total light [Vmag]	$7.624 \pm 0.001$	Hpmag transformed with [4]
Prim. minimum [Vmag]	$7.788 \pm 0.005$	Hpmag transformed with [4] + fit
Sec. minimum [Vmag]	$7.69 \pm 0.02$	from 4 data points of ASAS-3
Color index B-V [mag]	$0.189 \pm 0.002$	Hp: the New Reduction, 2007
Eclipse duration[days]:		
Primary minimum	1.25	
Second. minimum	0.47	0.22 (contact 2 to 3)
Phase of sec. minimum	0.578	Phase of primary minimum = 0
Phase of periastron	0.589	
Longitude of periastron		
$\omega$ [deg]	283	
Eccentricity e	0.48	
Inclination i [deg]	89.9 (89.0 - 90)	
Semi-major axis a [AU]	0.26 (0.23 - 0.33)	

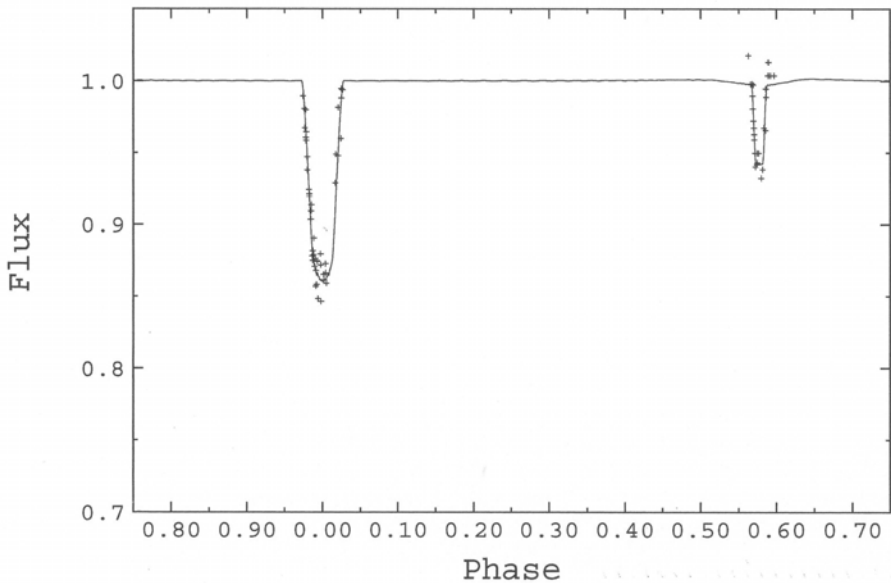
**Table 2: Parameters of components of PQ Vel**

Parameter	Primary star	Secondary star
Spectral type	A2/3 III(m) from [2]	(F0-2 V estimated from $T_{\text{eff}}$ )
$T_{\text{eff}}$ [K]	9000 from [2]	7100
m [Vmag]	$7.69 \pm 0.02$	$10.72 \pm 0.28$
M [Vmag]	-0.3 (-0.8 - 0)	2.7 (2.2 - 3.0)
Luminosity bol. [ $L_{\odot}$ ]	111 (84 - 175)	6 (5 - 10)
Radius [ $R_{\odot}$ ]	4.35 (3.78 - 5.46)	1.55 (1.35 - 1.95)
Mass [ $M_{\odot}$ ]	$2.8 \pm 0.2$	$1.55 \pm 0.10$

**Acknowledgements**

This research has made use of the SIMBAD and VizieR databases operated at the Centre de Données astronomiques (Strasbourg), France, (<http://cdsarc.u-strasbg.fr/>), as well as the ASAS-3 database (<http://www.astro.uw.edu/asas/>).

« Binary Maker 3 » is a software package developed by Bradstreet and Steelman (2004) (Eastern College, Pennsylvania, USA).



**Figure 1:** PQ Vel light curve for 550 nm created with BM3 and data crosses

### References

- [1] S. A. Otero et al., IBVS **5557**, (2004); <http://www.konkoly.hu/IBVS/issues.html>
- [2] Tycho-2 spectral type catalog, Wright et al., *Astron. Astrophys.* **125**, 359, (2003)
- [3] G. Schaller et al., *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* **96**, 269-331, (1992)
- [4] Relation between Hp and V magnitudes, S.A. Otero, IBVS **5482**, (2003)

Norbert Hauck; F-83400 Hyères, France; E-Mail: [hnhauck@yahoo.com](mailto:hnhauck@yahoo.com)