

Eine Lösung für Algolsystem QT Peg

Norbert Hauck

Abstract: *Existing data have been completed by differential photometry in passbands V and Ic. Unknown parameters of this bright and partially eclipsing binary have been determined with help of a modeling software leading to a consistent solution for simultaneous data fitting. Apparently, QT Peg consists of a hot A-type dwarf and a cool subgiant in a semi-detached configuration. For the time being the 3.6 days period of the system in a circular orbit appears to be constant. A english version of this article will be found after the german words.*

QT Peg wurde vom Satelliten Hipparcos (Hp) (Perryman et al., 1997) und ASAS-3 (Pojmanski, 2002) beobachtet. Auf ihren Beobachtungen basierend wurde von S. Otero et al. [1] eine Bahnperiode von 3.5937 Tagen berechnet, eine Lichtkurve im V-Band präsentiert und Spektraltyp A1V von Grenier et al., 1999, zitiert. In der Datenbank SIMBAD [2] ist QT Peg als sich bedeckender Doppelstern vom Algoltyp klassifiziert (Spektraltyp A0). Die von Hp's Parallaxenmessung abgeleitete Entfernung von QT Peg beträgt 187-240 pc [2].

Zur Klärung der erhältlichen Daten, insbesondere der unklaren Phasenposition, Dauer und Tiefe des Nebenminimums, wurden zahlreiche Bilder im Ic- und V-Band mit einem internetgesteuerten 10-Zoll Flatfieldastrographen mit Hyperbolspiegel und CCD-Kamera SBIG ST-10XME in Mayhill, New Mexico, USA, gemacht. Zur Begrenzung der Szintillation des 7 mag hellen Systems wurden alle 123 neuen photometrischen Datenpunkte durch Mittelwertbildung der Resultate aus jeweils 4 bis 20 Bildern gewonnen. Vergleichssterne waren HD 214757, HD 214921, BD +214805 und BD +214807 in 23' bis 39' Winkeldistanz zu QT Peg.

Die Teff des A-Sterns muß mindestens 9700K betragen, um seine aus Sternmodellen [3] und Stefan-Boltzmann's Gesetz abgeleitete Masse in den nach Kepler's 3. Gesetz berechneten Massebereich anzuheben, zumindest für die kürzestmögliche Distanz von 187 pc. Die Obergrenze wurde seinem Spektraltyp A0 entsprechend auf 10300K gesetzt, abgeleitet aus einer modernen Teff-Spektraltyp-Tabelle [4]. Dieser Teff-Bereich steht im Einklang mit von Hipparcos ermittelten Farbindices und der vom TD1-Satelliten gemessenen UV-Flussverteilung [2].

Eine in sich schlüssige Lösung für QT Peg wurde durch simultanen Lichtkurvenfit aller neuen Ic- und V-Daten für einen einzigen physikalischen Parametersatz mittels der Binary Maker 3 (BM3) Software (Bradstreet & Steelman, 2004) gefunden. Als zusätzliche Einschränkung wurden die Masse-Leuchtkraft-Teff-Beziehungen für Sternmodelle solarer Metallizität ($Y=0.300$, $Z=0.020$) von Schaller et al., 1992, auf den A-Stern angewendet. Da keine Anzeichen einer Exzentrizität entdeckt wurden, wurde eine Kreisbahn angenommen.

Die mit BM3 erzeugte Abb. 1 gibt eine maßstabsgetreue Ansicht des Systems QT Peg. Der kühle Unterriese ist sichtbar eiförmig verformt. Abb. 2 zeigt die berechnete Lichtkurve und enthält 87 neue Ic-Band-Datenpunkte. Der zwischen den Minima

erkennbar hohe Krümmungsgrad wurde gefittet durch komplette Ausfüllung des kritischen inneren Rochevolumens der kühlen Komponente sowie Einstellung des Massenverhältnisses q (Unterriese/ Zwerg) auf 0.37. Das Nebenminimum im Ic-Band ist etwa doppelt so tief wie im V-Band. Die Standardabweichung der neuen Datenpunkte zu den berechneten Lichtkurven beträgt 6 mmag im Ic-Band und 9 mmag im V-Band. Alle Resultate sind in den Tabellen 1 und 2 enthalten. Die dort angegebenen Radien der Komponenten sind Mittelwerte von R_{back} , R_{pole} und R_{side} in der Bezeichnung nach Wilson-Devinney.

Zur Zeit liegt aus den neuen Daten im Ic- und V-Band erst eine präzise Minimumszeit (ermittelt nach der Kwee van Woerden – Methode) vor, die in Tabelle 1 als Epoche angegeben ist. Erst die Bestimmung weiterer Minimumszeiten kann die Frage beantworten, ob die Bahnperiode von QT Peg tatsächlich konstant ist.

Quellen

- [1] S. Otero et al., IBVS **5557**, (2004) ; <http://www.konkoly.hu/IBVS/issues.html>
 [2] Centre de données astronomiques (Strasbourg), France; <http://cdsarc.u-strasbg.fr/>
 [3] G. Schaller et al., Astron. Astrophys. Suppl. Ser. **96**, 269-331, (1992)
 [4] E. Mamajek, (2010): www.pas.rochester.edu

Danksagungen

In dieser Arbeit wurden die Datenbanken SIMBAD and VizieR genutzt; Betreiber: Centre de données astronomiques (Strasbourg), France, <http://cdsarc.u-strasbg.fr/>. Ebenfalls benutzt wurde die Datenbank der All Sky Automated Survey ASAS-3, <http://www.astrouw.edu/asas/>.

Tabelle 1: Parameter des Doppelsternsystems QT Peg

Epoche [HJD]	2456137.934(2)	Mitte Hauptminimum
Periode [Tagen]	3.593685(8)	() = Fehler in letzter Dezimale
Gesamtlicht [Vmag]	7.42	im Maximum; von ASAS/Hp
Hauptminimum [Vmag]	7.76	Kurvenfit neuer Daten
Nebenminimum [Vmag]	7.44	Kurvenfit neuer Daten; ASAS
Dauer Minimum [Stunden]	7.9	
Bahnneigung i [Grad]	71.35 ± 0.15	
Bahnradius a [AE]	0.0683 ± 0.0011	relative Bahn
Bahnradius a [Ro]	14.65 ± 0.24	für Sonnenradius 697100km

Tabelle 2: Parameter der Komponenten von QT Peg

Parameter	Zwerg	Unterriese
Spektraltyp	A0 V	später K IV (geschätzt)
Teff [K]	10000 ± 300	4030 ± 200
Radius gemittelt [Ro]	1.98 ± 0.09	4.33 ± 0.20
Leuchtkraft bolometr. [Lo]	35 ± 8	4.5 ± 1.4
Leuchtkraftanteil bei 550 nm [%]	91.4	8.6
Leuchtkraftanteil bei 800 nm [%]	77.7	22.3
Masse [Mo]	2.4 ± 0.1	0.89 ± 0.06

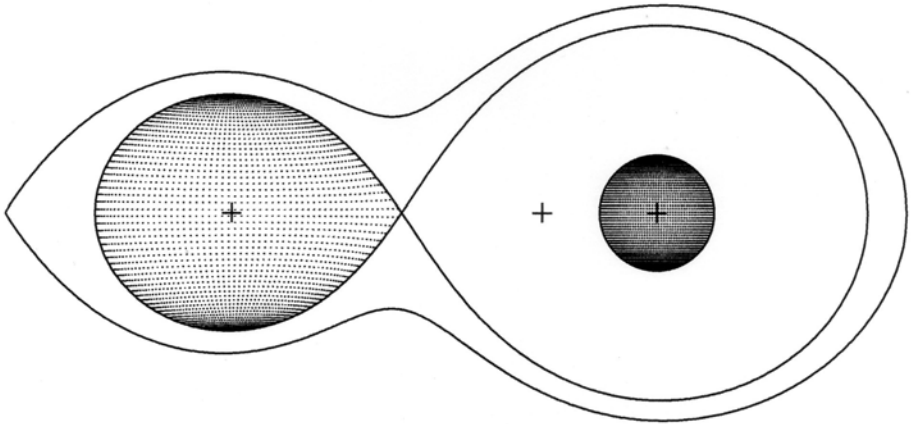


Abb. 1: Form, Gravitationszentrum und Umriß kritischer Rocheflächen von QT Peg

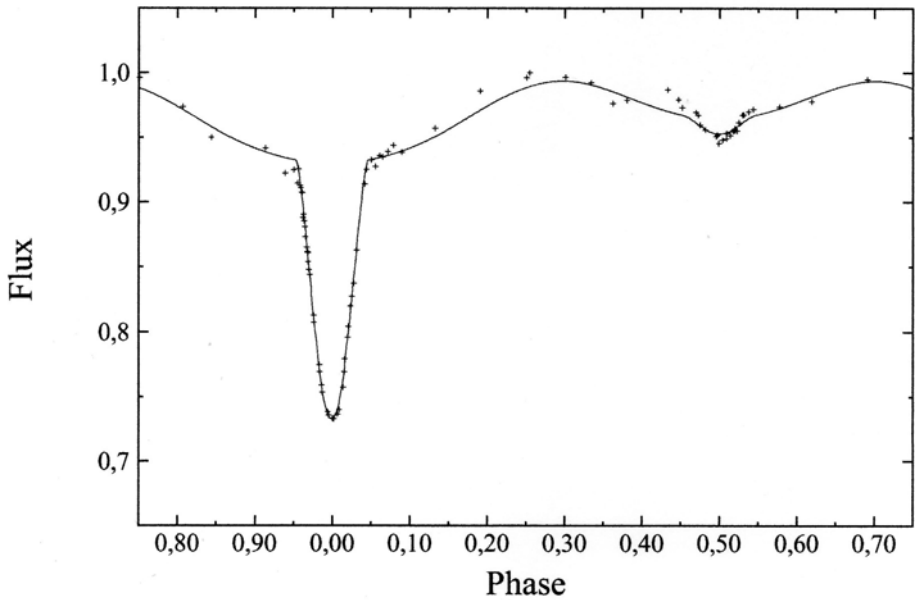


Abb. 2 : Mit BM 3 erzeugte Lichtkurve und Daten für QT Peg im Ic-Band (800 nm)

A solution for Algol-type system QT Peg

Norbert Hauck

Abstract: *Existing data have been completed by differential photometry in passbands V and Ic. Unknown parameters of this bright and partially eclipsing binary have been determined with help of a modeling software leading to a consistent solution for simultaneous data fitting. Apparently, QT Peg consists of a hot A-type dwarf and a cool subgiant in a semi-detached configuration. For the time being the 3.6 days period of the system in a circular orbit appears to be constant.*

QT Peg has been observed during the Hipparcos (Hp) mission (Perryman et al., 1997) and by ASAS-3 sky survey (Pojmanski, 2002). Based on their data S. Otero et al. [1] calculated an orbital period of 3.5937 days and presented a light curve plot for passband V. They also cited spectral type A1V from Grenier et al., 1999. QT Peg is classified in database SIMBAD [2] as an eclipsing binary of Algol-type, and spectral type A0 is given. The distance of QT Peg derived from Hp's parallax measurement is 187-240 pc [2].

In order to clarify the available data, especially the dubious phase position, duration and depth of the secondary minimum, numerous images have been made in passbands Ic and V with an internet-controlled 10-inch hyperbolic mirror flat field astrograph with SBIG ST-10XME CCD camera in Mayhill, New Mexico, USA. For limiting scintillation of the 7 mag bright system all 123 new photometric data points have been obtained by averaging results from 4 to 20 images each. Comparative stars were HD 214757, HD 214921, BD +214805 and BD +214807 in 23' to 39' angular distance to QT Peg.

Teff of the A star has to be at least 9700K in order to raise its mass derived from stellar models [3] and Stefan-Boltzmann's law into the mass range calculated according to Kepler's 3rd law, at least for the shortest possible distance of 187 pc. The upper limit has been set to 10300K for its spectral type A0 based on a modern Teff-spectral type table [4]. This range of Teff is consistent with color indices obtained from Hipparcos and UV-flux distribution measured from satellite TD1 [2].

A consistent solution for a single set of physical parameters for QT Peg has been found by simultaneous light curve fitting of all new Ic- and V-data with help of Binary Maker 3 (BM3) software (Bradstreet & Steelman, 2004). As an additional constraint mass-luminosity-Teff relationships for stellar models of solar metallicity ($Y= 0.300$, $Z= 0.020$) of Schaller et al., 1992 [3] have been applied to the A star. Since no indications of eccentricity have been detected, a circular orbit has been adopted.

Figure 1 created with BM 3 gives a true to scale view of system QT Peg. The cool subgiant is visibly deformed to an ovoid. Fig. 2 shows the computed light curve and contains 87 new datapoints for passband Ic. The high degree of curvature visible between the minima has been fitted by allowing the cool component to fill its critical inner Roche volume completely, and adjusting mass ratio q (subgiant to dwarf mass) to 0.37. The secondary minimum has about twice the depth in passband Ic compared to passband V. Standard deviation of the new data points to computed light curves is 6 mmag and 9 mmag for passbands Ic and V, respectively. All results are presented in tables 1 and 2. Components radii given there are mean values of R back, R pole and R side in Wilson-Devinney notation.

At present there is only one precise minimum time (obtained with Kwee van Woerden's method) available from the new data in passbands Ic and V, which is mentioned as epoch in table 1. Measuring further times of minima only can answer the question if the orbital period of QT Peg is indeed constant.

References

- [1] S. Otero et al., IBVS **5557**, (2004) ; <http://www.konkoly.hu/IBVS/issues.html>
- [2] Centre de données astronomiques (Strasbourg), France; <http://cdsarc.u-strasbg.fr/>
- [3] G. Schaller et al., Astron. Astrophys. Suppl. Ser. **96**, 269-331, (1992)
- [4] E. Mamajek, (2010): www.pas.rochester.edu

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/>. The database of All Sky Automated Survey ASAS-3 has also been used, <http://www.astrouw.edu/asas/> .

Table 1: Parameters of binary system QT Peg

Epoch [HJD]	2456137.934(2)	mid primary minimum
Period [days]	3.593685(8)	() = errors in last decimal
Total light [Vmag]	7.42	at maximum; from ASAS and Hp
Primary minimum [Vmag]	7.76	new data curve fitting
Second. minimum [Vmag]	7.44	new data curve fitting and ASAS
Duration of minimum [hours]	7.9	
Inclination i [deg]	71.35 ± 0.15	
Orbital radius a [AU]	0.0683 ± 0.0011	relative orbit
Orbital radius a [R_{\odot}]	14.65 ± 0.24	for solar radius $R_{\odot} = 697100$ km

Table 2: Parameters of components of QT Peg

Parameter	dwarf	subgiant
Spectral type	A0 V	late K IV (estimated)
Teff [K]	10000 ± 300	4030 ± 200
Radius (mean) [R_{\odot}]	1.98 ± 0.09	4.33 ± 0.20
Luminosity bolometr. [L_{\odot}]	35 ± 8	4.5 ± 1.4
Luminosity fraction at 550 nm [%]	91.4	8.6
Luminosity fraction at 800 nm [%]	77.7	22.3
Mass [M_{\odot}]	2.4 ± 0.1	0.89 ± 0.06

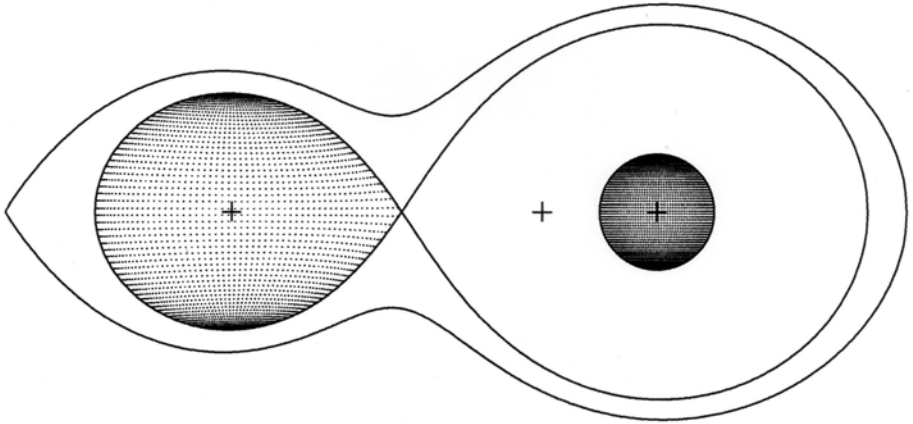


Fig. 1: Shape, barycenter and critical Roche surface outlines of QT Peg

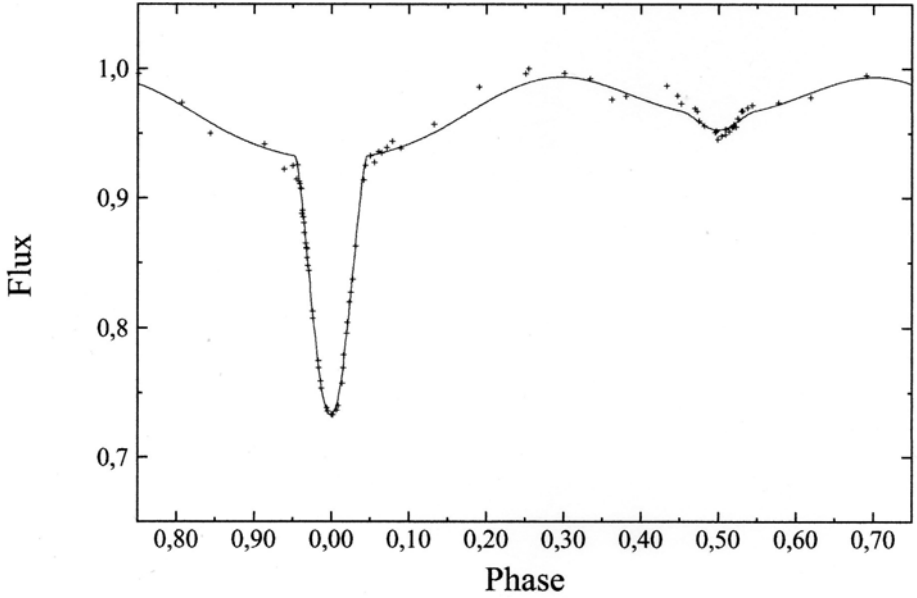


Fig. 2: QT Peg light curve created with BM 3 and data points in passband Ic (800 nm)