

# Radialgeschwindigkeiten und eine verbesserte Lösung für Doppelsternsystem AF Ari

## Radial velocities and an improved solution for binary system AF Ari

Norbert Hauck

**Abstract:** *An improved solution for eclipsing binary AF Ari has been found by simultaneous fitting new radial-velocity data of the primary giant component and old photometry data to computed curves. The orbital period of 153 days and eccentricity of 0.36 has been confirmed. The new calibration has resulted in somewhat increased radii and masses of the components: 11.7  $R_{\odot}$  and 2.9  $M_{\odot}$  for the G-type giant as well as 2.3  $R_{\odot}$  and 2.0  $M_{\odot}$  for the A star.*

*A english version of this paper will be found after the german article.*

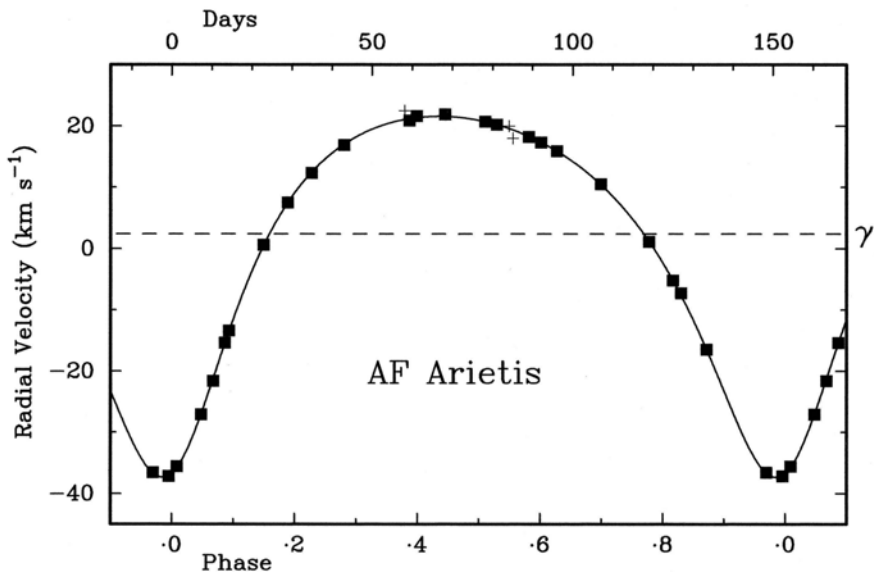
Eine auf photometrischen Daten basierende erste Lösung für AF Ari wurde in einer früheren Publikation [1] vorgestellt. Diese Resultate wurden nun mit 24 neuen und genauen Messungen der Radialgeschwindigkeit (RG) des Riesen (Primärkomponente) überprüft und kalibriert, die freundlicherweise von Dr. R. F. Griffin mit einem Spektrometer am 0.9-m-Teleskop der Universität Cambridge, UK, durchgeführt wurden. Zudem hat er mit seinem eigenen Programm eine Lösung für die Bahn berechnet. Seine Daten (siehe Tab. 1) sind als gefüllte Quadrate zusammen mit seiner berechneten Radialgeschwindigkeitskurve in Abb. 1 dargestellt.

Erste im Jahre 1923 am Mount Wilson Observatorium gemachte Messungen sind mit 3 Datenkreuzen angedeutet, wurden jedoch nicht berücksichtigt.

Mit Hilfe der "Binary Maker 3"-Software wurden dann synthetische Lichtkurven simultan allen 43 photometrischen Daten von [1] und den 24 neuen RG-Daten angepasst. Die optimierte Lösung wird in den Tabellen 2 und 3 präsentiert und liegt gut innerhalb der nur aus RG-Daten erhaltenen Lösungsbereiche von Dr. R. F. Griffin, die in der rechten Spalte in Klammern beigefügt wurden. Die Standardabweichungen der photometrischen bzw. RG-Daten zu den berechneten Kurven betragen nun nur noch 7 mmag bzw. 0.16 km/s.

Die etwas verringerte effektive Oberflächentemperatur von 5100 K für den Riesen passt auch besser zum Farbindex B-V von etwa  $1.00 \pm 0.04$  mag, der bei der totalen Bedeckung während der Tycho / Hipparcos-Mission gemessen wurde. Zudem ist in [2] ebenfalls eine Teff von etwa  $5100 \pm 200$  K angegeben.

Aus demselben Grunde wurde eine normale interstellare Absorption von 1 Vmag/kpc, d.h. eine Av von 0.188 mag für eine den Hipparcosdaten entnommene Entfernung von 188 pc eingesetzt. Beide Sternmassen passen gut zu den Sternmodellen von Schaller et al. [3].



**Fig. 1:** Radialgeschwindigkeiten der Riesenkomponente von AF Ari [km/s]. Periastron in Tag und Phase 0, photometrisches Hauptminimum etwa in Phase 0.11, und Nebenminimum etwa in Phase 0.83.

**Tabelle 1:** MJD / Radialgeschw. [km/s] / Abweichung (B – R) [km/s] des Riesen

55929.84	+21.6	+0.2	56155.15	-16.5	-0.1	56234.09	+20.9	-0.3
55936.91	+21.9	+0.3	56170.15	-36.6	+0.1	56253.00	+20.7	0.0
55949.82	+20.2	0.0	56174.15	-37.2	-0.2	56266.95	+17.3	-0.1
55957.79	+18.2	-0.1	56176.13	-35.6	+0.2	56301.85	-7.3	+0.3
55964.77	+15.9	0.0	56182.14	-27.1	0.0	56350.77	+0.6	+0.1
55975.79	+10.5	+0.1	56185.13	-21.6	-0.3	56356.78	+7.5	+0.1
55987.81	+1.1	-0.1	56188.09	-15.4	+0.1	56362.78	+12.3	-0.2
55993.78	-5.2	-0.1	56189.12	-13.4	+0.1	56370.79	+16.9	-0.1

**Tabelle 2: Parameter des Doppelsternsystems AF Ari**

Periode [Tage]	153.043(3)	von [1]
Epoche 0 [HJD]	2448081.41(5)	Mitte Hauptminimum; von [1]
Hauptminimum [Tage]	2.60 / 1.45	Kontakt 1 bis 4 / 2 bis 3
Nebenminimum [Tage]	2.88	Kontakt 1 bis 4
Phase Nebenminimum	0.7183	Phase Hauptminimum = 0
Phase Periastron	0.8864	(MJD 56174.84 ± 0.12 aus RG)
Bahnneigung $i$ [Grad]	88.05 ± 0.40	
Exzentrizität $e$	0.357	(0.3564 ± 0.0015 aus RG)
Länge Periastron $\omega$ [Grad]	192.0	(192.02 ± 0.34 aus RG)
RG Systemschwerpunkt $\gamma$ [km/s]	2.376	(2.376 ± 0.038 aus RG)
RG Primärstern K1 [km/s]	29.48	(29.46 ± 0.06 aus RG)
RG Sekundärstern K2 [km/s]	42.55	K = Halbamplitude der RG
Massefunktion $f_1(m)$ [ $M_{\odot}$ ]	0.3323	(0.3315 ± 0.0021 aus RG)
$a_1 \sin i$ [Gm]	57.95	(57.93 ± 0.12 aus RG)
Grosse Halbachse $a$ [AE]	0.947 ± 0.016	relative Bahn

**Tabelle 3: Parameter der Komponenten von AF Ari**

Parameter	Primärstern	Sekundärstern
Spektraltyp	G3 III	A7 V (geschätzt)
Teff [K]	5100 ± 250	7850 ± 350
$m$ [Vmag]	6.826 ± 0.004	8.32 ± 0.02
$M$ [Vmag]	0.30 ± 0.09	1.79 ± 0.09
Leuchtkraftanteil bei 550nm[%]	79.8	20.2
Leuchtkraft (bolometrisch) [ $L_{\odot}$ ]	83 ± 7	18.4 ± 1.6
Radius (gemittelt) [ $R_{\odot}$ ]	11.7 ± 0.5	2.32 ± 0.10
Masse [ $M_{\odot}$ ]	2.87 ± 0.15	1.99 ± 0.10

**Literaturzitate**

- [1] N. Hauck, BAV Rundbrief **60**, 150–152, (2011)  
 [2] Teff and metallicities for Tycho-2 stars, Ammons et al., (2006)  
 [3] G. Schaller et al., Astron. Astrophys. Suppl. Ser. **96**, 269–331, (1992)

**Danksagungen**

Mein Dank gilt der tatkräftigen Unterstützung von Dr. R. F. Griffin, University of Cambridge, UK, der freundlicherweise die Radialgeschwindigkeitsmessungen von AF Ari zur Verfügung gestellt hat.

Norbert Hauck, F-83400 Hyères, France; e-mail: hnhauck@yahoo.com

# Radial velocities and an improved solution for binary system AF Ari

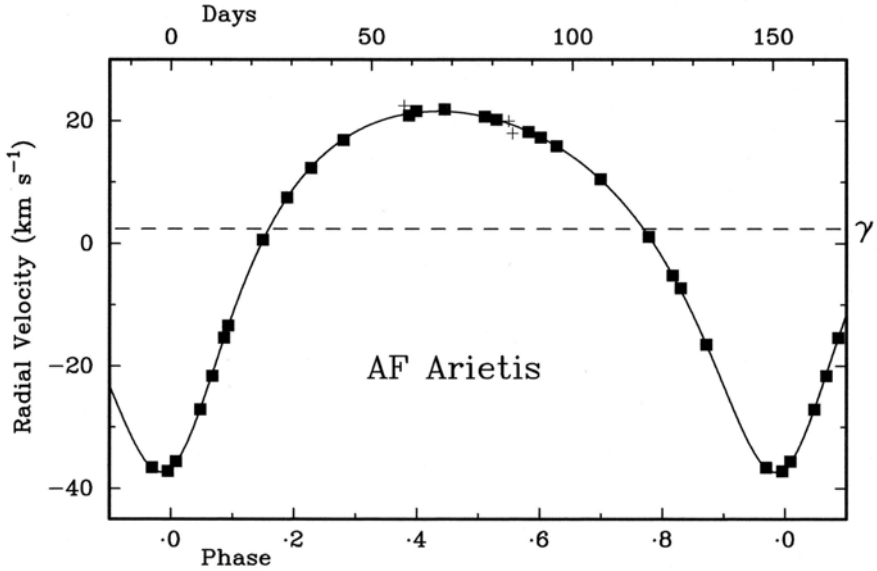
Norbert Hauck

**Abstract:** *An improved solution for eclipsing binary AF Ari has been found by simultaneous fitting new radial-velocity data of the primary giant component and old photometry data to computed curves. The orbital period of 153 days and eccentricity of 0.36 has been confirmed. The new calibration has resulted in somewhat increased radii and masses of the components: 11.7  $R_{\odot}$  and 2.9  $M_{\odot}$  for the G-type giant as well as 2.3  $R_{\odot}$  and 2.0  $M_{\odot}$  for the A star.*

A first solution for AF Ari based on photometric data has been presented in an earlier publication [1]. These results have now been checked and calibrated with 24 new and accurate radial-velocity measurements of the primary giant component, which kindly have been made by Dr. R.F. Griffin with a spectrometer at the 0.9m telescope of the University of Cambridge, UK. He also has computed a solution for the orbit with his own program. His data (see Table 1) are shown as filled squares together with his calculated radial-velocity curve in Fig. 1. First measurements made in 1923 at Mount Wilson Observatory are indicated by 3 data crosses, but have not been taken into account.

With help of the “Binary Maker 3” software synthetic curves have then been fitted simultaneously to all 43 photometric data from [1] and the 24 new radial-velocity (RV) data. The optimized solution is presented in Tables 2 and 3, and well inside the solution ranges obtained only from RV data by Dr. R.F. Griffin, which have been added in brackets to the right column. Standard deviations of the data to calculated curves are now merely 7 mmag and 0.16 km/s for photometric and RV data, respectively.

The slightly reduced effective surface temperature  $T_{\text{eff}}$  of 5100 K for the giant also better fits to color index  $B-V$  of about  $1.00 \pm 0.04$  mag measured at total eclipse during the Tycho / Hipparcos mission. Moreover, a  $T_{\text{eff}}$  of about  $5100 \pm 200$  K is given in [2]. For the same reason a normal interstellar absorption of 1 Vmag/kpc, i.e. an  $A_V$  of 0.188 mag for a distance of 188 pc taken from Hipparcos data has been applied. Both star masses fit well into stellar models of Schaller et al. [3].



**Fig. 1:** Radial velocities of the giant component of AF Ari. Periastron at day and phase 0, photometric primary minimum at phase 0.11, and secondary minimum at phase 0.83, approximately.

**Table 1:** MJD / radial velocity [km/s] / residual (O – C) [km/s] of the giant

55929.84	+21.6	+0.2	56155.15	-16.5	-0.1	56234.09	+20.9	-0.3
55936.91	+21.9	+0.3	56170.15	-36.6	+0.1	56253.00	+20.7	0.0
55949.82	+20.2	0.0	56174.15	-37.2	-0.2	56266.95	+17.3	-0.1
55957.79	+18.2	-0.1	56176.13	-35.6	+0.2	56301.85	-7.3	+0.3
55964.77	+15.9	0.0	56182.14	-27.1	0.0	56350.77	+0.6	+0.1
55975.79	+10.5	+0.1	56185.13	-21.6	-0.3	56356.78	+7.5	+0.1
55987.81	+1.1	-0.1	56188.09	-15.4	+0.1	56362.78	+12.3	-0.2
55993.78	-5.2	-0.1	56189.12	-13.4	+0.1	56370.79	+16.9	-0.1

**Table 2: Parameters of binary system AF Ari**

Period [days]	153.043(3)	from [1]
Epoch 0 [HJD]	2448081.41(5)	mid primary minimum; from [1]
Primary minimum [days]	2.60 / 1.45	contact 1 to 4 / 2 to 3
Secondary minimum [days]	2.88	contact 1 to 4
Phase secondary minimum	0.7183	phase primary minimum = 0
Phase periastron	0.8864	(MJD 56174.84 $\pm$ 0.12 from RV)
Inclination $i$ [deg]	88.05 $\pm$ 0.40	
Eccentricity $e$	0.357	(0.3564 $\pm$ 0.0015 from RV)
Longitude periastron $\omega$ [deg]	192.0	(192.02 $\pm$ 0.34 from RV)
RV barycenter system $\gamma$ [km/s]	2.376	(2.376 $\pm$ 0.038 from RV)
RV primary star K1 [km/s]	29.48	(29.46 $\pm$ 0.06 from RV)
RV secondary star K2 [km/s]	42.55	K = semi-amplitude of RV
Mass function $f_1(m)$ [ $M_{\odot}$ ]	0.3323	(0.3315 $\pm$ 0.0021 from RV)
$a_1 \sin i$ [Gm]	57.95	(57.93 $\pm$ 0.12 from RV)
Semi-major axis $a$ [AU]	0.947 $\pm$ 0.016	relative orbit

**Table 3: Parameters of components of AF Ari**

Parameter	Primary star	Secondary star
Spectral type	G3 III	A7 V (estimated)
Teff [K]	5100 $\pm$ 250	7850 $\pm$ 350
$m$ [Vmag]	6.826 $\pm$ 0.004	8.32 $\pm$ 0.02
$M$ [Vmag]	0.30 $\pm$ 0.09	1.79 $\pm$ 0.09
Luminosity fraction at 550nm[%]	79.8	20.2
Luminosity (bolometric) [ $L_{\odot}$ ]	83 $\pm$ 7	18.4 $\pm$ 1.6
Radius (mean) [ $R_{\odot}$ ]	11.7 $\pm$ 0.5	2.32 $\pm$ 0.10
Mass [ $M_{\odot}$ ]	2.87 $\pm$ 0.15	1.99 $\pm$ 0.10

## References

- [1] N. Hauck, BAV Rundbrief **60**, 150–152, (2011)  
[2] Teff and metallicities for Tycho-2 stars, Ammons et al., (2006)  
[3] G. Schaller et al., Astron. Astrophys. Suppl. Ser. **96**, 269–331, (1992)

## Acknowledgements

I am grateful for the active assistance of Dr. R.F. Griffin, University of Cambridge, UK, who has kindly supplied the radial-velocity measurements of AF Ari.

Norbert Hauck, F-83400 Hyères, France; e-mail: hnhauck@yahoo.com