

J 2 JUL. 1991

A PROPOS DE EW SCT

EW Sct est une étoile qui fut très observée au GEOS. La Rédaction a reçu récemment deux articles consacrés à cette étoile et il m'a semblé que ces deux articles pouvaient, exceptionnellement, être regroupés et diffusés à l'ensemble du GEOS, sous la forme d'une NC.

M.D.

Mon. Not. R. astr. Soc. (1991) 249, 563-566

Four-colour photometry of the double-mode Cepheid EW Scuti*

Alain Figer,¹ Ennio Poretti,² Christiaan Sterken³ and Norman Walker⁴¹GEOS, 3 Promenade Venezia, F-78000 Versailles, France²Osservatorio Astronomico di Brera, Via Bianchi 46, I-22055 Merate (CO), Italy³Astrophysical Institute, University of Brussels (VUB), Pleinlaan 2, B-1050 Brussels, Belgium⁴Deudneys Cottage, Old Road, Hersimonceaux, Sussex BN27 1PU

Accepted 1990 November 19. Received 1990 November 16; in original form 1990 October 8

SUMMARY

We present *uvby* observations of the double-mode Cepheid EW Scuti and provide the first photoelectric light curves related to the two periods $P_0 = 5.8232 \pm 0.0002$ d and $P_1 = 4.0673 \pm 0.0002$ d. A frequency analysis of the data yields an adequate solution for the light variation of EW Sct.

1 INTRODUCTION

Figer (1984), analysing visually estimated magnitudes (from photographic plates taken between 1935 and 1939, Bakos 1950) recognized that EW Sct is a double-mode Cepheid. The star had been classified before as a classical Cepheid with a period of about 5 d (Bakos 1950). Eggen (1973), using photoelectric data, concluded that the period was about 10 or 11 d. Inspired by Figer's paper, Cuypers (1985) re-analysed Bakos' and Eggen's data and determined the values of the two periods, i.e. 5.8195 and 4.0646 d. The high observational errors in the visual magnitude estimates, however, produce large scatter in the light curves, so new and more extensive photoelectric measurements were necessary to include EW Sct among the well-studied double-mode Cepheids, for which physical and light curve parameters are, in general, known with good precision (Balona 1985). For this reason we included EW Sct in the Long Term Photometry of Variable project (LTPV, Sterken 1983) carried out at ESO, La Silla, and in the list of multi-periodic stars observed at Merate Observatory. Visual observations, obtained by Figer, have been discussed in a separate paper (Figer *et al.* 1991).

2 OBSERVATIONS AND DATA ANALYSIS

In the frame of the LTPV, *uvby* measurements of EW Sct were obtained on 77 nights from 1984 August to 1986 October with the ESO 50-cm (E50), the Danish 50-cm (D50) and the Bochum 61-cm (B61) telescopes. In each night EW Sct and its comparison stars HD 171610 ($V=7.0$, K2III) and HD 172348 ($V=5.84$, gK4) were measured once. The magnitudes in the *uvby* system are published in the first data catalogue of the LTPV programme (Manfroid *et al.* 1990).

At Merate Observatory *V*-light measurements of EW Sct were obtained during 5 nights in 1984 August and on 34

nights from 1985 June to October with the 50-cm Marcon reflector (Poretti *et al.* 1987). The comparison star was HD 171610, while the check star was HD 171918 ($V=7.9$, G0V) in 1984 and HD 172348 in 1985. In each night the cycle ...-C-V-CK-C-... (where C, V and CK, respectively, denote comparison star, variable star, and check star) was repeated 8-10 times. Mean magnitude differences between comparison and variable star are listed in Table 1. The table

Table 1. *V* measurements of EW Sct obtained at Merate Observatory.

HEL. J.D. 2440000.+	EW Sct ΔV	DM -6°48'16 ΔV
5939.34	0.946	
5954.33	1.016	1.378
5956.37	1.006	1.390
5957.32	1.201	1.398
5969.29	1.239	1.378
6241.50	1.043	1.381
6259.46	0.967	
6264.42	0.815	
6266.42	1.244	
6268.42	0.999	
6270.40	1.024	
6286.41	1.120	1.374
6290.36	1.265	
6291.35	1.275	1.361
6292.39	0.834	
6293.36	0.849	1.380
6296.34	1.206	
6305.33	0.864	1.373
6306.36	1.105	
6307.34	1.274	1.379
6308.38	1.205	
6313.32	1.064	
6314.33	1.211	1.370
6315.34	1.181	
6316.31	0.821	
6317.32	0.862	1.393
6319.32	1.306	
6320.31	1.240	
6321.32	0.845	
6326.32	1.158	1.383
6327.31	1.085	
6328.33	0.873	
6329.30	0.903	
6330.30	1.090	
6331.32	1.338	
6332.29	1.213	
6333.28	0.774	
6338.28	1.067	
6349.27	1.157	

* Based on observations collected in part at ESO, La Silla, Chile.

also gives the magnitude differences relative to DM-6°4816, a star 5 arcmin away from EW Sct. We measured this star because the photographic amplitude calculated from Bakos' data was half the one observed photoelectrically: this discrepancy could be described if the two stars were not completely resolved on the photographic plates, and if Bakos estimated the magnitude of the integrated image of both stars. If this is the case, and if the erratic variability of DM-6°4816 \equiv IRC - 10442 announced by Neugebauer & Leighton (1969) was confirmed, Bakos' data should be considered with greater caution. Our photoelectric magnitude differences, however, do not support light variability of DM-6°4816 in the V -band. We conjecture that the variability reported by Neugebauer & Leighton must be ascribed to EW Sct rather than to DM-6°4816.

The least-squares period search procedure described by Antonello, Mantegazza & Poretti (1986) was applied to our data (the magnitudes were transformed into intensities). The method does not require any pre-whitening as the amplitude and phase of each known constituent are recalculated for each trial frequency. The period search was first carried out for the homogeneous Merate data set. Two frequencies, $f_1 = 0.17171$ c/d and $f_2 = 0.24586$ c/d, and the combinations $f_1 + f_2$, $2f_1$ and $f_2 - f_1$ were found.

In order to analyse the ESO yellow measurements, the differential magnitudes EW Sct minus HD 172348 were calculated (the scatter of the measured magnitudes of HD 172348 is slightly smaller than those of HD 171610). In spite of careful reduction procedures (see Manfroid *et al.* 1991) systematic differences between the different observing runs show up (Manfroid & Sterken 1987; Sterken & Manfroid 1987). Therefore, the ESO data were split into three subsets, one for each telescope. Using the five frequencies obtained from the Merate data, a least-squares fit was applied to each of the three ESO data sets: they do not show appreciable systematic differences in the y -band. Aligning the ESO and Merate mean magnitudes, we were able to construct a completely homogeneous data set.

Fig. 1 shows the spectral analysis of this complete set of data; note the strong reduction of the alias peaks due to the different longitude of the two observatories. Each panel of the figure shows the least-squares power spectrum obtained by introducing among the known constituents the term identified in the previous panel. In the panel (a) the highest peak is at $f_1 = 0.17173$ c/d. The panel (b) clearly shows the peak already visible in the first one at $f_2 = 0.24586$ c/d. These two frequencies correspond to those already given by Cuypers (1985). Our data set gives additional precise information about the coupling terms: the panel (c) shows three independent peaks at about 0.14, 0.34 and 0.42 c/d. The highest peak is at 0.34346 c/d, which corresponds to the harmonic $2f_1$. By introducing this term as known constituent, the peak at 0.41759 c/d stands out better [panel (d)]: this value corresponds to the coupling term of the first two frequencies, $f_1 + f_2$. The other coupling term, i.e. $f_2 - f_1 = 0.07413$ c/d, is the highest peak in the panel (e). No other terms can be unambiguously identified in the power spectrum obtained by introducing f_1 , f_2 , $2f_1$, $f_1 + f_2$, $f_2 - f_1$ as known constituents, even if among the low peaks of the panel (f) we can recognize also $2f_2$ and $3f_1$. This means that no other frequency with amplitude greater than 0.005 mag can be reasonably found. Within the observational errors, these

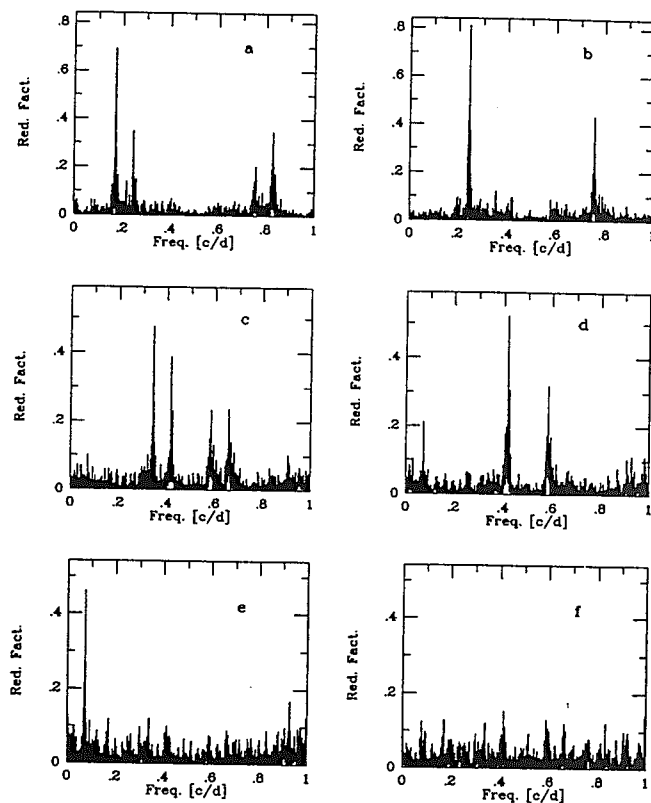


Figure 1. Power spectra of ESO and Merate measurements. Each panel shows the spectrum obtained introducing among the known constituents the term identified in the previous panel. Panel (a): none. Panel (b): f_1 . Panel (c): f_1 , f_2 . Panel (d): f_1 , f_2 , $2f_1$. Panel (e): f_1 , f_2 , $2f_1$, $f_1 + f_2$. Panel (f): f_1 , f_2 , $2f_1$, $f_1 + f_2$, $f_2 - f_1$.

frequencies are identical to those of the preliminary solution obtained from the Merate data. Table 2 lists the parameters of the solution

$$m(t) = A_0 + \sum_{j=1}^5 A_j \cos[2\pi f_j(t - T_0) + \phi_j] \quad (1)$$

calculated by means of a least-squares fit.

Systematic differences are present in the other colours, but they can be determined by applying the equation (1) to each subset and then aligning the mean magnitudes, in exactly the same way as we did for the y - and V -magnitudes. In b -light, the B61 mean magnitude is shifted by -0.018 mag with respect to the E50 and D50 mean magnitudes. The latter two systems are closest to the standard one, and we consequently corrected all magnitudes to the same standard. In the v -band, E50 and B61 mean magnitudes are practically identical, while D50 magnitudes are shifted by $+0.079$ mag. In the u -light E50 and B61 mean magnitudes differ by -0.032 mag, while the D50 mean magnitude is 0.325 mag fainter than E50 one. In u - and v -light the E50 data were accepted as reference, and the D50 and B61 mean magnitudes were transformed to E50 values. This set of instrumental magnitudes clearly is not a homogeneous set of photometric data, but only serves as a means for period analysing in all four bands. Table 3 lists the values of the magnitudes used for our analysis: they were obtained by applying the corrections described above to the values reported by Manfroid *et al.* (1990). Strongly deviant points

Four-colour photometry of EW Scuti 565

Table 2. Parameters of the synthetic light curves of EW Sct.

Term	Frequency [c/d]	yellow		blue		violet		ultraviolet	
		A_j	ϕ_j	A_j	ϕ_j	A_j	ϕ_j	A_j	ϕ_j
f_1	0.17173 .00001	0.1722 .0022	-0.310 .019	0.2235 .0023	-0.256 .016	0.3021 .0031	-0.220 .017	0.2826 .0053	-0.182 .031
f_2	0.24586 .00001	0.1131 .0027	-0.528 .030	0.1485 .0029	-0.472 .025	0.2007 .0039	-0.434 .027	0.1924 .0066	-0.432 .046
$2f_1$	0.34346	0.0303 .0027	-2.477 .092	0.0381 .0031	-2.466 .082	0.0512 .0043	-2.420 .082	0.0306 .0072	-2.398 .235
$f_2 - f_1$	0.07413	0.0168 .0022	-1.944 .191	0.0238 .0021	-1.757 .161	0.0316 .0029	-1.750 .169	0.0318 .0059	-1.213 .280
$f_1 + f_2$	0.41759	0.0295 .0027	-2.418 .092	0.0367 .0029	-2.407 .079	0.0481 .0040	-2.322 .083	0.0408 .0048	-1.762 .215
A_0		8.0525 .0012		9.2887 .0014		10.6000 .0019		12.8230 .0031	
r.m.s. residual		0.0121 mag		0.0114 mag		0.0159 mag		0.0250 mag	
Number of measurements		115		76		76		71	

To = 2 445 900.000

(off by more than three times the standard deviation of the fit) were not considered in the final analysis, and have been omitted.

Table 3. *uvby* magnitudes used in the present paper. *b* and *y* values are standard ones, while *u* and *v* are in an instrumental system (see text).

HEL. J.D. 2440000. +	y	b	v	u
5903.724	8.024	9.254	10.575	12.763
5908.684	7.953	9.166	10.432	12.648
5926.710	7.759	8.927	10.144	12.432
5928.706	8.241	9.555	10.982	
5936.699	8.170			12.950
5938.668	7.804	8.986	10.198	12.436
5941.638	8.294	9.606	11.020	13.208
5951.584		9.226	10.527	12.729
5956.606	8.056	9.318	10.640	12.855
5965.529	8.236	9.514	10.904	
5983.539	7.866	9.029	10.231	12.506
5987.499	8.133	9.358	10.704	12.883
5989.525	8.057	9.321	10.637	12.828
5990.496	7.881	9.063	10.295	12.526
5991.517	7.874	9.079	10.330	12.569
5992.518	8.036	9.298	10.621	12.866
5995.515	7.792	8.952	10.135	12.418
6136.885	8.015	9.223	10.522	12.723
6137.873	8.038	9.257	10.573	12.789
6138.889	8.119	9.367	10.721	12.923
6139.880	8.267	9.554	10.966	13.166
6140.888	8.040	9.246	10.523	12.738
6141.880	7.753	8.893	10.068	12.366
6142.879	7.947	9.153	10.445	12.693
6144.895	8.332	9.633	11.069	13.274
6145.884	8.110	9.330	10.648	
6146.873	7.855	9.026	10.260	12.497
6149.646	8.108	9.360	10.696	12.934
6151.816	8.192	9.458	10.830	13.049
6152.838	8.011	9.205	10.487	12.719
6153.824	7.807	8.966	10.177	12.463
6223.783	7.794	8.966	10.197	12.472
6225.801	8.280	9.590	11.024	13.308
6279.659	8.203	9.468	10.829	12.997
6295.500	8.221	9.518	10.928	13.120
6296.669	8.118	9.359	10.707	12.911
6297.508	8.023	9.247	10.562	12.772
6305.473	7.864	9.053	10.291	12.509
6307.620	8.303	9.607	11.030	13.238
6308.473	8.179	9.446	10.780	12.911
6308.638	8.141	9.387	10.708	12.878
6310.473	7.976	9.187	10.456	12.642
6311.660	8.026	9.256	10.549	12.771

Table 3 - continued

HEL. J.D. 2440000. +	y	b	v	u
6312.631	8.052	9.292	10.606	12.819
6313.475	8.065	9.313	10.630	12.816
6314.568	8.233	9.524	10.904	13.106
6315.563	8.077	9.309	10.598	12.808
6316.476	7.774	8.928	10.105	12.372
6318.549	8.156	9.451	10.828	13.055
6581.825	8.110	9.361	10.686	12.906
6582.905	8.146	9.404	10.745	12.944
6583.923	7.981	9.190	10.450	12.704
6584.878	7.831	9.000	10.207	12.463
6585.841	7.945	9.162	10.433	12.677
6587.876	8.344	9.665	11.097	13.307
6589.781	7.747	8.887	10.049	12.363
6601.748	7.747	8.887	10.050	12.363
6605.769	8.108	9.350	10.668	
6606.753	7.936	9.125	10.379	12.634
6607.760	7.995	9.228	10.515	
6609.822	8.041	9.281	10.590	12.788
6615.797	8.213	9.514	10.927	13.153
6617.782	8.020	9.235	10.519	12.721
6621.785	8.117	9.368	10.710	12.900
6623.665	8.153	9.408	10.757	12.945
6624.715	7.943	9.128	10.390	
6632.763	8.189	9.456	10.832	13.146
6634.764	8.068	9.306	10.643	12.819
6635.746	8.047	9.273	10.576	12.788
6646.708	8.033	9.245	10.519	12.704
6669.638	8.314	9.623	11.032	13.206
6670.612	7.921	9.092	10.309	12.536
6671.599	7.800	8.989	10.199	12.509
6674.644	8.164	9.431	10.773	12.982
6695.536	7.798	8.975	10.176	12.461
6725.509	8.097	9.373	10.726	12.934
6726.522	8.254	9.552	10.955	13.205

The equation (1) was applied to the different colour measurements and the phase diagrams related to each of the periods are shown in Fig. 2, which was obtained by subtracting from the data the synthetic curves related to a period and to the coupling terms, and by plotting the residuals against the phase related to the other period.

3 DISCUSSION AND CONCLUSION

The spectral classification of EW Sct as given by Eggen (1973) is K0, but Antonello *et al.* (1987), using a Reticon

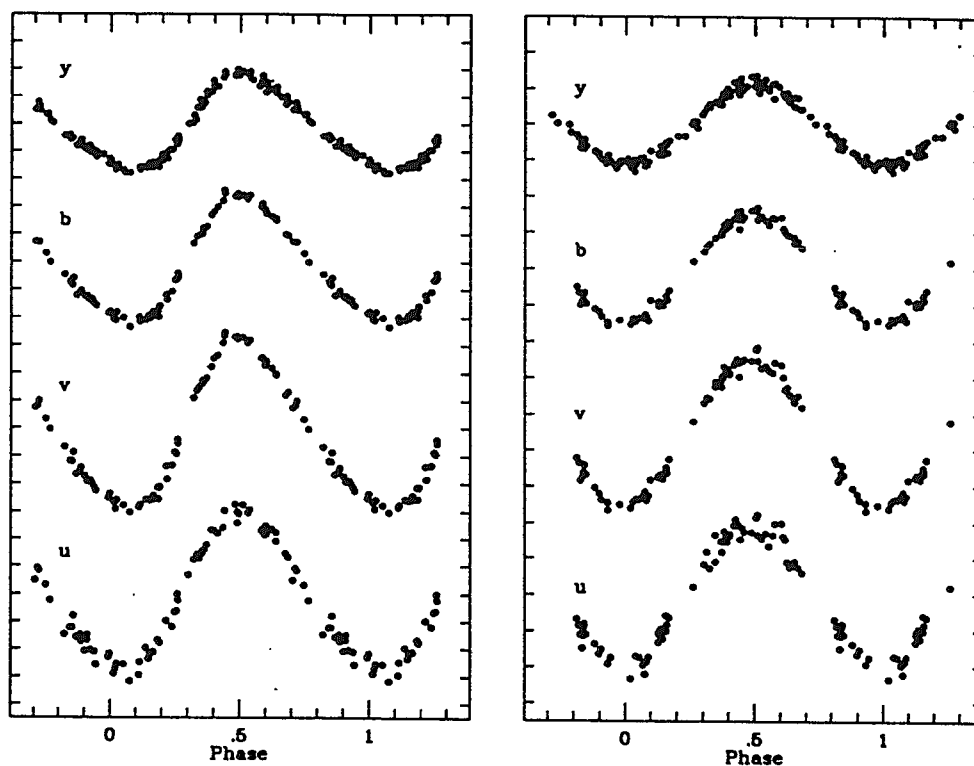


Figure 2. Left: phase diagram corresponding to f_1 . Right: idem for f_2 . Phase zero-points are arbitrary. Each tick on the vertical axis represents 0.10 mag.

spectrogram, determined a more precise classification as F8 II; Mantegazza (private communication) also derived $T_{\text{eff}} = 6050 \pm 200$ K. From our Strömgren photometry we obtain a strongly reddened $b-y$ index of 1.24. Due to the systematic differences afflicting our u and v data, we are not able to give precise m_1 and c_1 indices. Approximate mean values, based on data from the D50 and E50 telescopes are $c_1 = 0.92 \pm 0.01$ and $m_1 = 0.12 \pm 0.04$. From the parameters reported in Table 2 we infer that the m_1 light curve has phase opposition with respect to the other light curves, as is to be expected in our case of Cepheids. The amplitude of variation increases from yellow to violet, but decreases towards the ultraviolet.

Our photoelectric measurements of the double-mode Cepheid EW Scuti yielded reliable light curves in $uvby$ light, emphasized the significance of coupling terms in the Fourier analysis, and excluded the presence of other frequencies with amplitudes exceeding 0.005 mag.

ACKNOWLEDGMENTS

EP wishes to thank Dr E. Antonello and Professor L. Mantegazza for helpful discussions. CS acknowledges a research grant from the Belgian Fund for Scientific Research (NFWO).

REFERENCES

- Antonello, E., Mantegazza, L. & Poretti, E., 1986. *Astr. Astrophys.*, **159**, 269.
- Antonello, E., Mantegazza, L. & Poretti, E., 1987. *Lecture Notes in Physics*, **274**, 191.
- Bakos, G. A., 1950. *Ann. Sterrenwacht Leiden*, **20**, 177.
- Balona, L., 1985. *Cepheids: Theory and Observations*, *Proc. IAU No. 92*, p. 17, ed. Madore, B. F., Cambridge University Press, Cambridge.
- Cuyper, J., 1985. *Astr. Astrophys.*, **145**, 283.
- Eggen, O. J., 1973. *Publ. astr. Soc. Pacif.*, **85**, 42.
- Figer, A., 1984. *GEOS NC*, **403**.
- Figer, A., Poretti, E. & Sterken, C., 1991. *Proc. AAVSO Conference*, Brussels 1990, in press.
- Manfroid, J. & Sterken, C., 1987. *Astr. Astrophys. Suppl.*, **71**, 539.
- Manfroid, J. et al., 1991. *Astr. Astrophys. Suppl.*, in press.
- Manfroid, J. et al., 1990. *ESO Scientific Report*, in press.
- Neugebauer, G. & Leighton, R. B., 1969. *Two-Micron Sky Survey - A preliminary Catalog*, California Institute of Technology, Pasadena.
- Poretti, E., Niarchos, P. G., Mantegazza, L., Antonello, E. & Conconi, P., 1987. *Astr. Astrophys. Suppl.*, **69**, 337.
- Sterken, C., 1983. *The Messenger*, **33**, 10.
- Sterken, C. & Manfroid, J., 1987. *27th International Astrophysics Colloquium*, Liège, p. 55.

12 JUL. 1991

Article extrait de " Veröffentlichungen der Sternwarte in Sonneberg"
Band 11. Heft 1

7

Analyse photographischer Beobachtungen
des Doppelmoden-Pulsationssterns EW Sct

G. Hacke und O. Reer

Abstract

The variable EW Sct has been investigated by means of photographic observations mainly on plates of the Sonneberg Sky Patrol. The double mode behaviour has been confirmed and analysed. We estimated the long-term elements of the two pulsation modes and the corresponding beat period. The star shows clear variations particularly of the phases and the period of the first overtone.

Die Variabilität von EW Sct (BD -6°4816 = HD 171955) wurde von BAKOS (1) entdeckt, er vermutete δ -Cephei-Lichtwechsel mit einer Periode von ungefähr 5 Tagen oder irregulären Lichtwechsel. EGGEN (2) beobachtete den Stern lichtelektrisch und kam zu dem Schluß, daß möglicherweise eine Periode von 11 Tagen vorliegen könnte, im Widerspruch zu dem mit KO im Henry-Draper-Katalog angegebenen Spektraltyp. FIGER (3) vermutete Doppelmoden-Pulsation, was von CUYPERS (4) untersucht und bestätigt wurde. ANTONELLO (5) analysierte das Verhalten auch unter Einbeziehung eigener Beobachtungen von EW Sct, gleichzeitig bestimmte er den Spektraltyp neu zu F8II. Allerdings lagen auch hier nur relativ wenige lichtelektrische Daten vor, von denen bei einem Teil wegen des zwischenzeitlich angenommenen irregulären Lichtwechsels (mit dem falschen Spektraltyp) die Julianischen Daten ohne Tagesbruchteil angegeben sind, also nur sehr eingeschränkt brauchbar sind.

Die Analyse des photometrischen Verhaltens von EW Sct wurde mit der in (6) beschriebenen Methodik anhand photographischer Meßwerte von Platten der Sonneberger Himmelsüberwachung (SHÜ), der 40-cm-Astrographen der Südstation des Moskauer Sternberg-Instituts auf der Krim und der Sternwarte Sonneberg sowie Daten und Maxima aus der Literatur ausgeführt. Zur Gewinnung der photographischen Daten nach der Argelanderschen Methode wurden die Vergleichsterne aus Abbildung 1 mit den in Tabelle 1 aufgeführten Helligkeiten benutzt. Diese Helligkeiten wurden von NOSKOVA (7) und BERDNIKOV (8) am 60-cm-Reflektor der Südstation auf der Krim des Moskauer Sternberg-Instituts und am 60-cm-Reflektor des Observatoriums Maidanak des Taschkenter Astronomischen Instituts lichtelektrisch mit Anschluß an das in (9) beschriebene Vergleichssternsystem bestimmt.

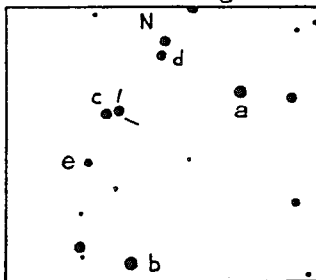


Abbildung 1: Umgebung von EW Sct

Tabelle 1: Vergleichssternhelligkeiten von EW Sct (phel.)

		V	B
a	BD -6°4805	6 ^m .92	8 ^m .25
b	-7°4536	7.95	8.64
c	-6°4817	8.32	9.15
d	-6°4811	9.52	10.17
e	-7°4639	9.70	10.69

Die aus den eigenen Messungen und den Daten aus der Literatur selektierten "besonders hohen Maxima" wurden in Tabelle 2 zusammengestellt und die langfristig geltenden Elemente der beiden Pulsationsperioden und der sich daraus ergebenden "beat"-Periode ermittelt:

$$\begin{aligned}
 \text{Max}_0 &= 242\,5850.869 + 5.822247 \cdot E_0 \\
 &\quad \pm 0.47 \quad \pm 13 \\
 \text{Max}_1 &= 242\,5851.155 + 4.066193 \cdot E_1 \\
 &\quad \pm 0.55 \quad \pm 10 \\
 \text{Max}_B &= 242\,5851.59 + 13.48183 \cdot E_B \\
 &\quad \pm 19 \quad \pm 12
 \end{aligned}$$

Die zugehörigen (B-R)-Diagramme für beide Pulsationsperioden sind in Abbildung 2 dargestellt.

JD 24...	Q	E ₀	B-E ₀	E ₁	B-E ₁	E ₂	B-E ₂
0393.47	S	2496	+0.27	3574	-0.26	1078	-1.53
439.89	KA	2501	+0.29	3581	-0.24	1080	-1.51
452.42	S	2508	+0.14	3591	+0.26	1083	+0.48
453.3	2	2511	+0.2	3592	-0.43	1084	+0.01
469.36	S	2512	-1.17	3595	+0.4	1084	+3.47
476.40	S	2512	+0.05	3597	+0.24	1085	+2.98
749.47	S	2559	+0.53	3664	-0.85	1085	+0.46
778.44	S	2564	-0.67	3671	+0.29	1107	+2.46
802.42	S	2568	+0.02	3677	+0.13	1109	-0.52
854.34	S	2577	-0.46	3690	-1.07	1113	-2.53
87.37	S	2577	-0.43	3690	-1.04	1113	-2.50
1127.50	S	2624	-0.95	3757	-0.34	1133	+1.00
163.37	KA	2630	-0.01	3766	-1.07	1136	+3.58
180.30	KA	2633	+0.10	3770	-0.96	1137	-3.47
203.33	KA	2633	-0.55	3770	-0.40	1137	-0.13
203.33	KA	2633	-0.52	3770	-0.40	1137	-0.10
203.33	KA	2633	-0.46	3770	-0.31	1137	-0.04
203.33	KA	2633	-0.35	3770	-0.20	1137	-0.00
203.33	KA	2633	-0.31	3770	-0.16	1137	-0.03
203.33	KA	2633	-0.26	3770	-0.11	1137	-0.00
203.33	KA	2633	-0.21	3770	-0.06	1137	-0.03
203.33	KA	2633	-0.16	3770	-0.01	1137	-0.00
203.33	KA	2633	-0.11	3770	0.04	1137	-0.03
203.33	KA	2633	-0.06	3770	0.09	1137	-0.00
203.33	KA	2633	-0.01	3770	0.14	1137	-0.03
203.33	KA	2633	0.04	3770	0.19	1137	-0.00
203.33	KA	2633	0.09	3770	0.24	1137	-0.03
203.33	KA	2633	0.14	3770	0.29	1137	-0.00
203.33	KA	2633	0.19	3770	0.34	1137	-0.03
203.33	KA	2633	0.24	3770	0.39	1137	-0.00
203.33	KA	2633	0.29	3770	0.44	1137	-0.03
203.33	KA	2633	0.34	3770	0.49	1137	-0.00
203.33	KA	2633	0.39	3770	0.54	1137	-0.03
203.33	KA	2633	0.44	3770	0.59	1137	-0.00
203.33	KA	2633	0.49	3770	0.64	1137	-0.03
203.33	KA	2633	0.54	3770	0.69	1137	-0.00
203.33	KA	2633	0.59	3770	0.74	1137	-0.03
203.33	KA	2633	0.64	3770	0.79	1137	-0.00
203.33	KA	2633	0.69	3770	0.84	1137	-0.03
203.33	KA	2633	0.74	3770	0.89	1137	-0.00
203.33	KA	2633	0.79	3770	0.94	1137	-0.03
203.33	KA	2633	0.84	3770	0.99	1137	-0.00
203.33	KA	2633	0.89	3770	1.04	1137	-0.03
203.33	KA	2633	0.94	3770	1.09	1137	-0.00
203.33	KA	2633	0.99	3770	1.14	1137	-0.03
203.33	KA	2633	1.04	3770	1.19	1137	-0.00
203.33	KA	2633	1.09	3770	1.24	1137	-0.03
203.33	KA	2633	1.14	3770	1.29	1137	-0.00
203.33	KA	2633	1.19	3770	1.34	1137	-0.03
203.33	KA	2633	1.24	3770	1.39	1137	-0.00
203.33	KA	2633	1.29	3770	1.44	1137	-0.03
203.33	KA	2633	1.34	3770	1.49	1137	-0.00
203.33	KA	2633	1.39	3770	1.		

KA - Kristrograph
GO - Sonneberger Astograph
MM - ältere Moskauer Aufnahmen
S - Sonneberger Himmelsüberwachung
Ziffern siehe Literaturverzeichnis

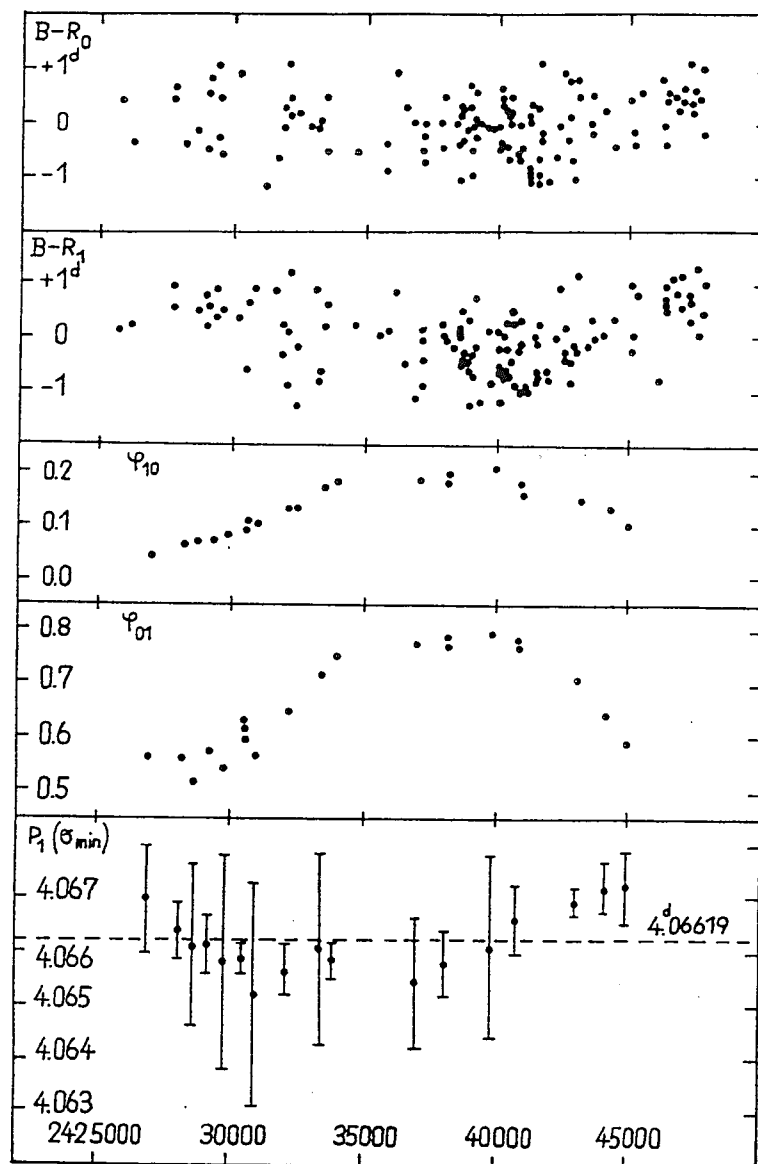


Abbildung 2: (B-R)-Diagramm von EW Sct bezüglich beider Pulsationsperioden, dargestellt mit den Werten aus Tabelle 2, und graphische Darstellung der errechneten Phasen φ_{10} und φ_{01} beider Pulsationsperioden und der Perioden der örtlich minimalen Streuung verschiedener Meßwertemengen an den Stellen des Schwerpunktes des jeweiligen Beobachtungszeitraumes gemäß Tabelle 3

Zur weiteren Auswertung der vorliegenden Meßwerte wurde die Fourieranalyse in der in (6) beschriebenen Art und Weise benutzt. Die große Datenmenge von den Platten der Sonnenberger Himmelsüberwachung wurde dazu in verschiedene Datensätze unterteilt und separat analysiert. Diese Datensätze überschneiden sich teilweise, und es wurden auch mehrere kombiniert der Analyse unterzogen. Genaueres ist aus Abbildung 3 und Tabelle 3 zu sehen.

Die Feldverteilung der SHÜ ist gerade so, daß EW Sct in den Rektaszensionszonen 18^h und 19^h ungefähr gleich gut beobachtet werden kann. Somit kann man aus äquivalenten Zeiträumen Datensätze von verschiedenen Platten mit fast dem gleichen Beobachtungsrhythmus bilden und die Analyseresultate vergleichen. Dieses wurde mit den Meßwertsatzpaaren Nr. 16/17 und 18/19 getan. Die Übereinstimmung der Phasen ist sehr gut; die Gleichheit bei φ_{10} in beiden Fällen darf allerdings nicht verallgemeinert werden, ist jedoch auf den ersten Blick beeindruckend. Die mittlere Streuung der Phasendifferenzen für beide Pulsationsperioden liegt bei rund 0.02, das entspricht einer mittleren Differenz von rund einem zehntel Tag. Die Übereinstimmung der Perioden des ersten Obertones an den Stellen

Tabelle 3: Ergebnis der Fourieranalyse der Daten von EW Sct mit

$$P_0 = 5^d.82224748, P_1 = 4^d.06619323 \text{ und } JD_0 = 243\,5000$$

Nr.	JD 24... von bis	Anzahl, Daten	a_{10}	φ_{10}	a_{01}	φ_{01}	σ	a_{10}/a_{01}	$P_1(\sigma \text{ min})$	$\Delta(B-R)_1$	$\sigma \text{ min}$
1	25497 28487	203 E	$0^m.175$	0.046	$0^m.198$	0.563	$0^m.187$	0.883	$4^d.0670$ ± 10	$0^d.738$	$0^m.183$
2	25497 31030	368 E	0.180	0.063	0.187	0.559	0.202	0.961	4.06636 ± 47	0.643	0.201
3	25497 33210	443 E	0.170	0.074	0.162	0.571	0.225	1.047	4.06616 ± 57	1.089	0.225
4	28689 31030	165 E	0.194	0.085	0.190	0.541	0.213	1.020	4.0658 ± 20	1.143	0.213
5	25497 35694	609 E	0.169	0.102	0.169	0.618	0.232	0.999	4.06589 ± 26	0.640	0.227
6	28689 33210	240 E	0.174	0.102	0.146	0.569	0.247	1.196	4.0652 ± 21	2.304	0.246
7	28689 35694	406 E	0.178	0.131	0.166	0.647	0.244	1.070	4.06561 ± 44	0.752	0.240
8	31145 35694	241 E	0.167	0.173	0.192	0.714	0.243	0.872	4.0662 ± 16	1.752	0.243
9	31145 38709	506 E,T	0.207	0.184	0.198	0.749	0.229	1.046	4.06585 ± 36	0.662	0.226
10	35392 38709	265 T	0.251	0.184	0.219	0.775	0.197	1.146	4.0654 ± 12	0.935	0.194
11	35392 40859	427 T	0.258	0.194	0.219	0.784	0.202	1.179	4.06580 ± 58	0.779	0.200
12	38817 40859	162 T	0.266	0.208	0.224	0.795	0.198	1.185	4.0661 ± 17	0.856	0.198
13	38817 47473	454 T	0.282	0.148	0.175	0.706	0.239	1.610	4.06694 ± 26	0.558	0.218
14	41039 47473	292 T	0.311	0.132	0.168	0.646	0.236	1.852	4.06719 ± 45	0.704	0.211
15	42534 47473	220 T	0.328	0.103	0.178	0.593	0.227	1.838	4.06722 ± 66	0.807	0.209
16	25502 35694	277 ^h E 18 ^h	0.160	0.097	0.160	0.597	0.209	1.000	4.06583 ± 39	0.986	0.203
17	25497 34990	322 ^h E 19 ^h	0.185	0.097	0.160	0.628	0.224	1.156	4.06588 ± 33	0.764	0.218
18	35694 40824	314 ^h T 18 ^h	0.268	0.186	0.202	0.771	0.231	1.322	4.06571 ± 74	0.936	0.227
19	35692 40824	406 ^h T 19 ^h	0.244	0.186	0.214	0.781	0.203	1.141	4.06581 ± 63	0.842	0.201
20	38582 43046	232 KA,GC	0.289	0.157	0.218	0.767	0.222	1.322	4.06649 ± 82	0.901	0.222
21	38583 43016	319 T	0.281	0.182	0.216	0.778	0.209	1.299	4.06657 ± 62	0.671	0.207
22	27901 29553	122 B	0.178	0.069	0.192	0.514	0.118	0.927	4.0661 ± 15	0.601	0.118
23	27901 29553	122 O	0.184	0.088	0.197	0.539	0.109	0.932	4.0662 ± 14	0.563	0.109

E,T = Instrumente SHÜ; KA,GC = 40-cm-Astrographen Krim, Sonneberg; B,O = BAKOS, OOSTERHOFF(1)

12 JUL. 1991

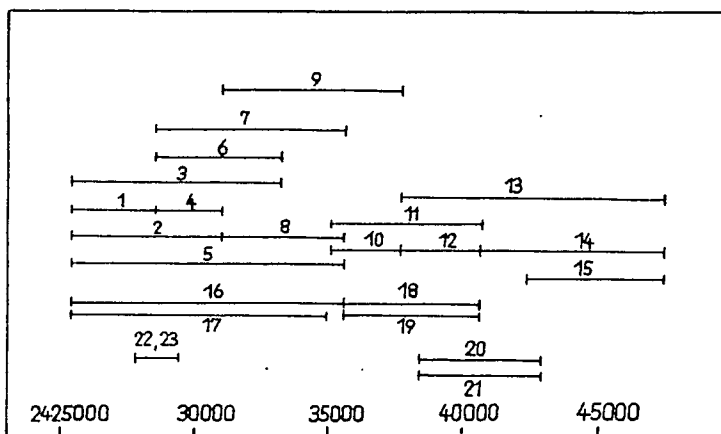


Abbildung 3: Schematische Darstellung der zeitlichen Verteilung der zur Analyse benutzten Datensätze. Die Numerierung entspricht der in Tabelle 3.

der kleinsten Streuung ist relativ zum berechneten Toleranzbereich ebenfalls sehr gut.

Die Differenzen der von beiden Datensätzen berechneten Amplituden sind geradezu verblüffend klein, wenn man bedenkt, daß hier photographische Meßwerte analysiert wurden. Sie liegen im vorliegenden Falle bei einigen hundertstel mag und darunter, sind also mehr als eine Größenordnung kleiner als die betrachteten Amplituden selbst.

Zu den Meßwerten von den Astrographen muß angemerkt werden, daß der betrachtete Variable für ein photographisches Instrument solcher Reichweite schon fast als zu hell angesehen werden könnte. Es wurde also ein zeitlich paralleler Meßwertesatz von der SHÜ zum Vergleich herangezogen (Nr. 20 und 21). Die Übereinstimmung ist wiederum sehr gut, obwohl eine unterschiedliche zeitliche Verteilung der Meßwerte vorliegt.

Bei BAKOS (1) sind photographische Meßwerte angegeben, diese sind unabhängige Schätzungen von ihm und von OOSTERHOFF auf denselben Platten. Die dort benutzten Vergleichssterne entsprechen unseren Sternen c und d, die Werte sind also bei Annahme eines ungefähr gleichen Farbsystems vergleichbar. Die Helligkeiten sind in Stufen notiert, der angegebene Stufenwert zwischen c und d ist offensichtlich der von OOSTERHOFF, zwischen den Datensätzen beider Autoren wurde ein Skalenfaktor von 1.696 ermittelt, mit dem die Werte von BAKOS zu multiplizieren sind, bevor sie mit dem OOSTERHOFFschen Stufenwert in photographische Helligkeiten umgerechnet werden können.

Größere Probleme bereiten die Julianischen Daten der angegebenen Meßwerte. Wegen des zunächst angenommenen langsamen irregulären Lichtwechsels wurden, wie teilweise heute noch üblich, keine Tagesbruchteile angegeben. Um die Beobachtungszeitpunkte genauer zu bestimmen, wurden zwei Verfahren angewandt. Zum einen werden in der besagten Publikation noch viele andere Sterne analysiert, deren Meßwerte von den gleichen Platten stammen. Bei einer ganzen Reihe davon sind Meßwerte, Maximazeiten usw. mit Tagesbruchteilen angegeben, so daß für viele Meßwerte von EW Sct der Tagesbruchteil des Julianischen Datums über diesen Umweg ermittelt werden konnte. Zum anderen: Für die restlichen Daten wurden solche Überlegungen, daß am Beobachtungsstandort Nacht herrschen sollte, daß der Variable auch am Himmel stehen sollte usw., die Beobachtungszeitpunkte zumindest auf ein Zehntel Tag genau bestimmt. Die so gewonnenen 122 brauchbaren Wertepaare (Nr. 22 und 23) wurden dann für jeden Autor separat analysiert. Es muß noch angemerkt werden, daß die benutzten Meßwerte von über 300 Platten stammen. Viele sind bereits von zwei oder drei Platten gemittelte Werte. Für die Platten von Nachtreihen sind ebenfalls nur Mittelwerte angegeben, diese sind nun leider so für uns nicht brauchbar.

Die betrachtete Wertemenge entspricht vom Beobachtungszeitraum her in etwa unseren

Datensätze 2 und 4. Die Differenzen der Analyseresultate sind wiederum relativ klein. Insgesamt liegen die Differenzen der Analyseresultate bei den Perioden deutlich unterhalb der ermittelten Toleranzen, bei den Phasen der Fourierkoeffizienten bei ungefähr 0.02 und bei den Amplituden bei einigen hundertstel mag. Wenn solche drei Beispiele nun natürlich kein mathematisch exakter Beweis der Richtigkeit einer derartigen Fehlerabschätzung sind, sind doch die Differenzen bei zeitlich weit auseinanderliegenden Meßwertemengen deutlich größer, wie in Abbildung 2 demonstriert.

Literatur:

- (1) BAKOS, G.A., 1950, Leiden Ann. 20,177
- (2) EGGEN, O.J., 1973, Publ. Astron. Soc. Pacific 85,42
- (3) FIGER, A., 1984, GEOS Note Circ. 403,1
- (4) CUYPERS, J., 1985, Astron. Aph. 145,283
- (5) ANTONELLO, E., et al., 1987, in "Stellar Pulsation", eds. COX, A.N., et al.,
Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokio
- (6) HACKE, G., et al., 1990, Veröff. Sternw. Sonneberg 10,326
- (7) NOSKOVA, R.I., 1990, persönliche Mitteilung
- (8) BERDNIKOV, L.N., 1990, persönliche Mitteilung
- (9) BERDNIKOV, L.N., 1986, Perem. Zvezdy 22,369