

B-R bei 103 langperiodisch Veränderlichen mit 2 Tabellen und 113 Abbildungen

von Erwin Heiser¹

Summary: The author presents 103 O-C diagrams of long period variable stars, essentially based on AAVSO observational material. The LUDENDORFF-classification of light curves is compared with quantitative parameters of mean light curves. Obviously, no positive correlation can be introduced between form of the mean light curve and O-C pattern. Possibly, some variables with little scattering and strongly zigzagging O-C are candidates for real period changes.

Kurzfassung: Für 103 langperiodisch Veränderliche werden B-R, im wesentlichen aus AAVSO-Material, in Diagrammen dargestellt. Ein Zusammenhang zwischen Form der Lichtkurve und Entwicklung der B-R besteht offenbar nicht. Möglicherweise sind geringe Streuung und ausgeprägte Zickzackform der B-R Indikatoren sprunghafter Periodenänderungen.

Vorbemerkung

Seit 1968 beteiligt sich der Verfasser an einer planmäßigen visuellen Beobachtung veränderlicher Sterne. Dabei liegt das Schwergewicht auf langperiodisch Veränderlichen vom Typ Mira. Die aus diesen Beobachtungen erkennbaren Unregelmäßigkeiten in den Perioden erweckten den Wunsch, das Periodenverhalten einiger heller unter Amateurbeobachtung stehender Mirasterne von ihrer Entdeckung bis zur Gegenwart darzustellen.

Herrn Prof. Dr. H. STRASSL, Münster, und seinen Mitarbeitern ist der Verfasser für Überlassung von Literatur und Gastfreundschaft zu großem Dank verpflichtet. Sehr zu danken ist der American Association of Variable Star Observers (AAVSO) für bisher unveröffentlichtes Material, ganz besonders herzlich Mrs. MARGARET W. MAYALL, ohne deren freundliches Entgegenkommen diese Arbeit ab 1950 unvollständig geblieben wäre. Einzuschließen in den Dank ist auch die achtjährige Tochter des Verfassers, ANTJE, die bei der Ziehung der Zufallszahlen Eifer und Ausdauer entwickelt hat.

Beobachtungsmaterial

Es wurde angestrebt, möglichst alle Sterne in die Untersuchung einzubeziehen, für die Daten in den Harvard Annals, **79**, Pt. 2, veröffent-

¹ Erwin Heiser, 45 Osnabrück, Wiesenbachstraße 20 b

licht sind. Das ist bis zur Rektaszension $9^{\text{h}}54^{\text{m}}$ (V Leo) nahezu vollständig geschehen. Hinzugekommen sind einige helle Sterne aus dem eigenen Beobachtungsprogramm. Es ist darauf hinzuweisen, daß einige Halbregelmäßige enthalten sind, z. B. RU And (SRa), Z Aur (SRd) und X Mon (SRb).

Für die Zeit bis etwa 1900 wurden die Maxima der Geschichte und Literatur des Lichtwechsels von MÜLLER und HARTWIG entnommen. Bei dort häufigen Mehrfachbestimmungen von Maxima durch verschiedene Beobachter wurden ungewichtete Mittel gebildet. In Einzelfällen wurden als sehr unsicher bezeichnete Maxima, die wesentlich von mehreren anderen abwichen, ausgeschieden. Da nicht bekannt ist, nach welchen Methoden die Beobachter die Maxima bestimmt haben, muß diesem Material eine gewisse Inhomogenität unterstellt werden. Für einige sehr früh entdeckte Veränderliche standen Daten aus speziellen Arbeiten zur Verfügung, so von P. GUTHNICK für Mira Ceti, H. ROSENBERG für Chi Cyg, und H. LUDENDORFF für R Hya. Von etwa 1900 bis 1920 kommen die Maxima ausschließlich aus den Harvard Annals, **79**, Pt. 2, im Anschluß daran bis 1949 aus L. CAMPBELLS Studies of Long Period Variables. Ab 1950 stellte die AAVSO Kopien ihrer Plots zur Verfügung, in denen die Extremphasen markiert waren.

Die Maxima ab Harvard Annals, **79**, Pt. 2, sind nach einer einheitlichen Methode ermittelt worden. Aus mehrjährigen Reihen wurden mittlere Lichtkurven abgeleitet, indem Zehntagesmittel der verschiedenen Zyklen zu einer Standardlichtkurve zusammengesetzt wurden. Diese mittlere Lichtkurve wird mit der laufend beobachteten Kurve so zur Deckung gebracht, bis eine optimale Übereinstimmung, unter besonderer Beachtung der Maxima und Minima, erreicht wird. Durch entsprechende Markierungen auf den mittleren Lichtkurven werden die Extremphasen festgelegt. Der Vorteil dieser Methode besteht darin, daß auch noch dann Extremwerte abgeleitet werden können, wenn zur Zeit dieser Phasen nur wenige oder keine Beobachtungen gemacht wurden. Im übrigen wird aber der Einfluß der Flanken der Lichtkurve in Kauf genommen. Bei unsymmetrischen Maxima/Minima kann es infolgedessen vorkommen, daß andere Methoden der Extremwertbestimmung, beispielsweise mit POGSONs halbierender Kurve, abweichende Ergebnisse bringen.

Zum Beispiel wurden 52 AAVSO-Maxima mit den entsprechenden von T. G. BARNES im visuellen Bereich photoelektrisch bestimmten Maxima verglichen. Die Genauigkeit der photoelektrischen Maxima war mit $\pm 0,03$ in Phase angegeben. 43 (83%) der AAVSO-Maxima fallen in den Fehlerbereich, sieben weitere (13%) nur dann, wenn das Maximum statt mit der mittleren Lichtkurve mit Hilfe der halbierenden Kurve nach

POGSON ermittelt wird. Bei den übrigen zwei Maxima, Nr. 81 von T Cas und Nr. 65 von RZ Per, können Zweifel entstehen, ob die photoelektrischen zutreffend sind. Zumindest ist die AAVSO-Lichtkurve von T Cas zur fraglichen Zeit so dicht mit Schätzungen besetzt, daß ein sehr sicheres visuelles Maximum abgeleitet werden kann.

B-R

Den Rechnungen liegen bis auf wenige Ausnahmen die Epochen und mittleren Perioden des General Catalogue of Variable Stars von B. V. KUKARKIN u. a. zugrunde, vgl. Spalte 3 und 4 der Tabelle 2 (Rechenepochen).

Die B-R Diagramme weisen eine große Vielfalt in Form, Streuung und Amplitude auf. Am einfachsten erscheinen Fälle, wo die B-R um die mittlere Periode streuen, ohne daß zu große Abweichungen auftreten, z. B. 013338 Y A n d, 044617 V T a u, 065208 X M o n, 065355 R L y n, 081617 V C n c und 083350 X U M a. Aus Vereinfachungs- und Abkürzungsgründen werden sie als B-R Kurven vom Typ Y A n d bezeichnet. Zahlreiche Fälle zeigen ein ausgeprägtes Zickzackmuster, typische Beispiele dafür sind in Tabelle 1 angegeben. Sie werden nachfolgend als B-R Kurven vom Typ R A u r bezeichnet. Sie entstehen in der Weise, daß die Perioden, nachdem sie rund 20-40 Epochen nahezu unverändert blieben, sprunghaft einen um wenige Prozent größeren oder kleineren Wert annehmen. Auf dieses Verhalten hat nach Mitteilung von H. LUDENDORFF bereits P. GUTHNICK 1924 hingewiesen. P. AHNERT verwendet für die Epochen nahezu konstanter Periode den Begriff der i n s t a n t a n e n E l e m e n t e. Andere B-R Muster lassen sich eventuell als Mischformen auffassen.

Es ist eine zentrale Frage, ob aus den B-R auf reelle Änderungen der Perioden geschlossen werden kann, wie es etwa C. HOFFMEISTER annimmt.

T. E. STERNE und L. CAMPBELL beurteilen diese Frage wie folgt:

"... it had been the common practice among workers in the field of variable stars to identify irregularities in O-C diagrams with changes of period in the stars . . .

The existence of cumulative errors in the cycles of long period variables was shown to provide a simple explanation for the major part of their irregularity of period, observed for instance in O-C diagrams and plots of cycles against epoch number . . .

The existence of cumulative error was shown to involve important consequences. To begin with, cumulative error was shown to be in itself sufficient to cause an erratic behavior in O-C diagrams, so that such diagrams did not in themselves furnish safe evidence for changes of true, or mean, period."

Das Ergebnis ihrer Untersuchungen fassen die beiden Autoren u. a. wie folgt zusammen:

"Most of the previously reported changes of period among long period variables can be reasonably interpreted as mere statistical fluctuations. Twenty out of the 372

remaining variables are "suspected" of having changing true or mean periods, but only about five of these can be stated with any high degree of assurance, on the evidence, to show changing true periods. Although it is not certain which five these are, the most reasonable choices are R Hya, R Aql, R Cnc, U Boo and S Ser. The first two have probably had diminishing true periods, the remaining three sinusously changing true periods."

Die übrigen Verdächtigen sind: W Cas (Min), S Cas, V Ori, T Lep, RR Mon, R Cen (Min), X Lib, RZ Sco, RU Her, S Her, RS Lyr, V Cap, T Cep, S Lac und R Peg. Für die gesperrten Sterne sind B-R Diagramme abgebildet.

Die von STERNE und CAMPBELL genannten Faktoren sind imstande, Diagramme zu erzeugen, die den B-R Diagrammen sehr ähnlich sehen. Siehe hierzu die sechs vorangestellten Abbildungen A-F Syn. Vergleichbar sind etwa:

A Syn mit 044617 V Tau
 B Syn „ 021024 R Ari
 C Syn „ 070310 R CMi
 D Syn „ 032043 Y Per
 E Syn „ 194632 Chi Cyg
 F Syn „ 141954 S Boo

A Syn ± 10 ist beispielsweise so entstanden: In eine Urne wurden zehn rote (negative) Lose Nr. 1-10 und zehn schwarze (positive) Lose Nr. 1 bis 10 gelegt. Es erfolgten 100 Ziehungen (n), die Summen (z) wurden gegen n aufgetragen. Bei C/D und E/F waren die Loszahlen je 15 bzw. 20. Dieses Verfahren simuliert Veränderliche, deren Perioden entsprechende Streuungen aufweisen. Mit größerer Streuung wachsen „Unruhe“ und Amplituden der synthetischen B-R Kurven. Wenn statistische Schwankungen und Fehlerakkumulation die entscheidenden Generatoren der B-R Kurven sind, dann müßte eine Korrelation zwischen Streuung (der Perioden = der B-R Werte) und Form der B-R Diagramme bestehen. Große Streuung tendiert zur Form E/F Syn, geringe Streuung zur Form A/B Syn.

Streuung der B-R

Schon nach bloßem Augenschein weisen die B-R Kurven eine unterschiedliche Breite auf. Die mittlere Breite über den gesamten Kurvenverlauf von E_0-E_n wird als Streuung definiert, das Mittel aus 15-20 Meßpunkten. In den synthetischen Diagrammen beträgt die Streuung:

A Syn ± 10	9,2	}	Mittel 10,1
B Syn ± 10	10,9		
C Syn ± 15	14,8	}	Mittel 14,4
D Syn ± 15	13,9		
E Syn ± 20	18,8	}	Mittel 19,3
F Syn ± 20	19,7		

Die durchschnittliche Streuung aller bearbeiteten Sterne (außer R A q l und R H y a) beträgt 14,2 Tage und befindet sich damit in naher Übereinstimmung mit den synthetischen Diagrammen C/D Syn, entsprechend einer vorgegebenen Periodenstreuung von ± 15 Tagen. Vgl. letzte Spalte von Tab. 2 (Streuung).

Mögliche Ursachen für die Streuung der B-R sind Beobachtungsfehler und im Lichtwechselmechanismus selbst begründete Faktoren. Wenn Beobachtungsfehler eine dominierende Rolle spielen, muß sich eine Abhängigkeit der Streuung von der Form der Maxima ergeben. Bei breiten Maxima ist eine größere Streuung zu erwarten. Die Breite der Maxima wurde bei $M + 0,^m5$ ($M = \text{Maximumshelligkeit}$) in den mittleren Lichtkurven von CAMPBELLs Studies of Long Period Variables gemessen, vgl. vorletzte Spalte von Tab. 2 (Breite Max.). Die durchschnittliche Breite ist 57,17 Tage.

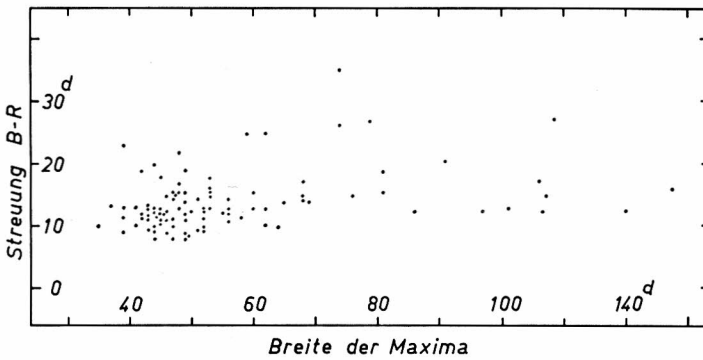


Abb. 1
Abhängigkeit der Streuung der B-R von der Breite der Maxima

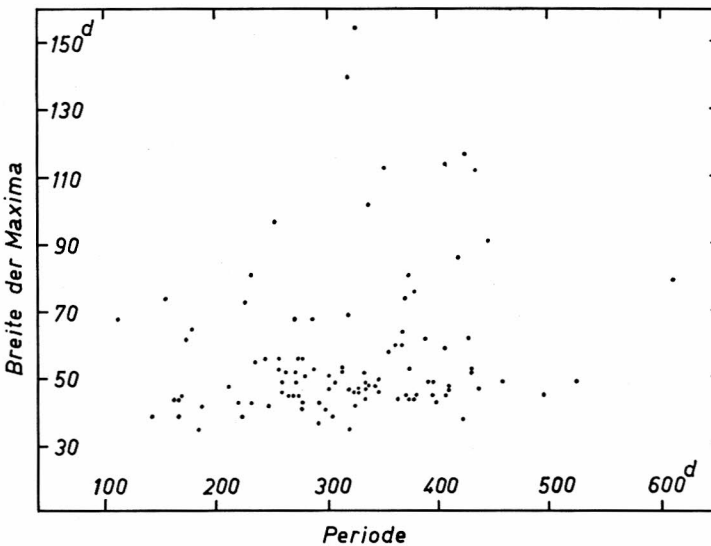


Abb. 2
Abhängigkeit der Breite der Maxima von der mittleren Periode

Nach Abb. 1 ist die Streuung der B-R unabhängig von der Breite der Maxima. Daraus folgt, daß Beobachtungsfehler eine untergeordnete Rolle spielen.

Im übrigen erweist sich nach Abb. 2, daß die Breite der Maxima im wesentlichen auch unabhängig von der Länge der Periode ist, so daß, wie Abb. 3 darstellt, auch die Streuung der B-R nahezu unabhängig von der Periodenlänge ist.

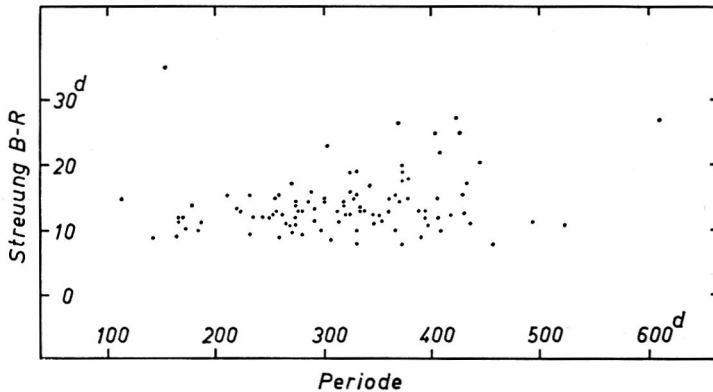


Abb. 3
Abhängigkeit der Streuung der B-R von der mittleren Periode

Lichtkurven und B-R

Einer der ersten Anstöße zu dieser Arbeit war der Wunsch, eine Beziehung zwischen der Form der Lichtkurve und den B-R herauszufinden, da ja die visuelle Lichtkurve die einzige Information ist, die sich der Amateur aus eigenen Kräften beschaffen kann.

Die qualitative Einteilung der Lichtkurven geht auf LUDENDORFF zurück. Er unterscheidet folgende Typen (vgl. Tab. 2, Sp. Typ):

α : Anstieg der Kurve merklich steiler als Abstieg. Minimum, von vereinzelt Ausnahmefällen abgesehen, stets breiter als Maximum.

Unterabteilungen:

α_1 : Kurven mit nahezu oder völlig konstanter Phase von beträchtlicher Dauer ($1/3$ bis $1/2$ der Periodenlänge) im Minimum und meist sehr steilem Helligkeitsanstieg.

α_2 : Das Minimum weist keine konstante Phase erheblicher Ausdehnung mehr auf, ist aber noch sehr breit. Anstieg meist sehr steil.

α_3 : Minimum nicht mehr so breit wie bei α_2 , Anstieg immer noch recht steil.

β : Anstieg nur noch ganz wenig oder überhaupt nicht mehr steiler als Abstieg. Lichtkurve im wesentlichen symmetrisch.

Unterabteilungen:

β_1 : Maximum spitzer als Minimum.

β_2 : Maximum ebenso spitz oder flach wie Minimum.

β_3 : Maximum flacher als Minimum.

β_4 : Das Maximum ist sehr breit und zeigt eine längere Zeit andauernde konstante Phase.

- γ : Lichtkurven mit Stufe oder Buckel im aufsteigenden Ast oder mit Doppelmaximum.
 Unterabteilungen:
 γ_1 : Stufe oder Buckel im aufsteigenden Ast.
 γ_2 : Doppelmaximum.

Eine quantitative Beschreibung der Lichtkurven ist in CAMPBELLS *Studies of Long Period Variables* enthalten, hier wiedergegeben in Sp. 7-10 von Tab. 2. Es bedeuten, jeweils abgeleitet aus den mittleren Lichtkurven:

- A/D: Das Verhältnis der Fläche unter dem aufsteigenden Ast zur Fläche unter dem absteigenden Ast der Lichtkurve.
 M/m: Verhältnis der Fläche unter dem Maximum zur Fläche über dem Minimum, gemessen bis zur mittleren Helligkeit.
 x/y: Wie M/m, jedoch die gesamte Fläche unter dem Maximum bzw. über dem Minimum.
 I/D: Das Verhältnis der Geschwindigkeit der Helligkeitszunahme zur Geschwindigkeit der Helligkeitsabnahme, bestimmt nach der Neigung des steigenden bzw. fallenden Astes, gemessen mit Winkelmesser (protractor).

Zwischen der LUDENDORFF-Klassifikation und den CAMPBELL-Werten besteht die Beziehung:

	A/D	M/m	x/y	I/D	Beispiel
α_1	0,61	0,45	0,60	1,28	UZ And
α_2	0,64	0,58	0,73	1,27	S Psc
α_3	0,66	0,66	0,79	1,18	RT Her
α_4	0,73	0,82	0,88	1,17	R Aql
β_1	0,96	0,78	0,86	1,08	T And
β_2	1,01	0,98	0,98	0,99	S Lac (symmetrische Kurve!)
β_3	0,99	1,44	1,35	1,05	R CMi
β_{3-4}	1,34	1,41	1,26	0,81	S Cep
γ_1	1,01	1,22	1,08	1,03	-
γ_2	2,28	1,82	1,35	1,23	nur R Cen

Die Klasse γ_1 ist eine Mischform aus zahlreichen Typen, die Mittel der Flächenverhältnisse sind daher bedeutungslos. Da die Formen der Lichtkurven starken Schwankungen unterworfen sind, können erhebliche Klassifikationsdifferenzen auftreten. Vgl. E. HEISER in BAV-R und -brief Nr. 4/1970.

Im einzelnen wurde geprüft, ob die Streuung der B-R einen Gang mit den A/D aufweist. Das ist nicht der Fall. Ebenso zeigen 25 B-R Kurven vom Typ R Aur und auf der anderen Seite 24 vom Typ Y And keine Abhängigkeit von A/D oder M/m. Ein Zusammenhang zwischen der Form der Lichtkurve und dem Verhalten der B-R besteht offenbar nicht.

Änderungen der Periode

Unter den Sternen der Tab. 1, die nur nach ihren ausgeprägten B-R vom Typ R Aur ausgesucht wurden, befindet sich R Cnc, dessen

Periode von STERNE und CAMPBELL als ziemlich sicher, und S H e r , dessen Periode als möglicherweise veränderlich angesehen wird. Wenn in diesen Fällen die Periode veränderlich ist, dann ist nicht ohne weiteres einzusehen, warum sie es nicht auch bei R A u r , S B o o , den anderen Sternen der Tab. 1 und noch einigen anderen ist. Die durchschnittliche Streuung der B-R in Tab. 1 beträgt 11,^d3, d. h. ist niedriger als der Schnitt aus Tab. 2 von 14,^d2. 24 B-R vom Typ Y A n d weisen dagegen eine mittlere Streuung von 14,^d0 auf. Das ist nicht verständlich, wenn nur statistische Schwankungen als ausreichend für die B-R angesehen werden.

Vermutlich spielen beide Prozesse eine Rolle: Wenn die Streuung der B-R bei großen Amplituden klein ist, dann hebt sich eine echte Periodenänderung aus dem allgemeinen Untergrund der statistischen Schwankungen hervor.

Interessant ist ein Periodenvergleich. Bei den 10 besten R Aur-Typen (Tab. 1) ist die durchschnittliche Periode 354,^d5, bei den 25 besten R Aur-Typen 327,^d4. Bei 24 der ausgeprägtesten Y And-Typen ist sie jedoch nur 264,^d8. Danach scheinen sprunghafte Periodenänderungen vorzugsweise bei Sternen mit langen Perioden vorzukommen.

Schlußbemerkung

Die geringe Zahl der bisher bearbeiteten Sterne und die Beschränkung der Untersuchung auf nur wenige Parameter drücken allen Ergebnissen notgedrungen den Stempel der Unsicherheit und Vorläufigkeit auf. Auch werden sich präzise Aussagen nur im Anschluß an eine eingehende statistische Analyse machen lassen. Es ist vorgesehen, die Untersuchung fortzuführen und auf weitere Sterne auszudehnen.

Tabelle 1

		P ₁	N ₁	P ₂	N ₂	%	P ₃	N ₃	%	P ₄	N ₄	%
050953	R Aur	461,4	>20	451,2	24	-2,2	468,1	19	+3,7	451,2	>15	-3,6
052404	S Ori	412,3	>23	427,7	13:	+3,7	407,2	17	-4,8	436,4	22	+7,2
053531	U Aur	413,6	12	405,4	20	-2,0	412,9	19	+1,9			
054615 a	Z Tau	501,1	>22	485,6	25	-3,1						
065111	Y Mon	228,7	>39	233,5	35	+2,1	228,1	>39	-2,3			
071713	V Gem	270,9	24	282,4	16	+4,2	269,3	13	-4,6			
072811	T CMi	311,5	24	328,5	>32	+5,5						
081112	R Cnc	355,4	>18	368,0	28	+3,5	355,3	25	-3,5	369,7	17	+4,1
141954	S Boo	272,0	>29	267,5	38	-1,7	274,8	26	+2,7			
164715	S Her	301,5	>19	310,0	29	+2,8	301,7	33	-2,7	314,6	29	+4,3

Erläuterung zu Tab. 1:

P: Über mehrere Epochen nahezu konstante Periode

N: Anzahl der Epochen nahezu konstanter Periode

%: Änderung der Periode in Prozenten

Mittlere Länge der Maxima: 54 d

Mittlere Streuung der B-R: 11, d3

Mittel der mittleren Perioden: 354, d5

Das Zeichen : bedeutet unsicher, auch in Tab. 2

Tabelle 2

Harv.Nr.	Stern	Rechenepochen	Beob.			A/D	M/m	x/y	Breite Streuung			
			Nullep.	Typ					I/D	Max.	ung	
001046	X	And	2436852 ± 346 ^d ,02	2415743	α_3	0,59	0,60	0,79	1,25	50 ^d	12 ^d ,5	
001726	T	And	2437573	280,19	2412074	β_1	0,97	0,76	0,86	1,17	9,4	
001755	T	Cas	2437886	445,00	2404570	γ_{1-2}	1,35	1,56	1,22	1,08	91	20,6:
001838	R	And	2439011	408,97	2400181	α_3	0,58	0,84	0,91	1,27	48	22,0
001909	S	Cet	2436826	319,91	2405147	$\alpha_4-\beta_1$	0,98	0,97	1,08	0,99	47	14,6
003179	Y	Cep	2436824	332,62	2415200	α_3	0,60	0,60	0,75	1,12	47	8,0
004047	U	Cas	2438538	277,31	2410806	$\alpha_4-\beta$	0,87	0,85	0,88	1,00	41	13,1
004132	RW	And	2434434	429,27	2416832	$\alpha_1?$	0,53	0,57	0,66	1,20	53	15,5
004435	V	And	2436058	257,92	2413876	β	0,97	1,00	1,03	1,03	49	15,5
004533	RR	And	2437493	328,26	2415494	β_1	1,00	0,86	1,00	1,00	46	14,8
004746a	RV	Cas	2438983	331,20	2417447	α_3	0,65	0,66	0,78	1,23	47	15,5
004958	W	Cas	2438909	405,17	2412980	β_3	0,94	1,31	1,39	1,00	114	15,0
010102	Z	Cet	2438902	184,81	2416730	β	0,96	0,82	0,92	1,01	35	10,2
010940	U	And	2435750	347,26	2413186	α_1	0,74	0,52	0,65	1,24	46	11,2
011041	UZ	And	2434493	314,36	2419410	α_1	0,63	0,47	0,63	1,16	52	11,3
011208	S	Psc	2439104	405,63	2398944	$\alpha_2?$	0,64	0,57	0,69	1,14	59	25,0:
011272	S	Cas	2438306	611,44	2401611	var	0,66	0,62	0,80	1,52	79	27,0:
011712	U	Psc	2434950	173,45	2408407		1,15	1,29	1,12	1,03	62	10,3
012350	RZ	Per	2438745	353,82	2417476		1,12	1,54	1,20	1,33	58	11,5
012502	R	Psc	2439048	344,04	2398808	α_3	0,61	0,67	0,78	1,20	48	17,0
013238	RU	And	2434551	233,24	2412816		1,32	1,16	1,17	1,07	81	15,5
013338	Y	And	2436459	220,47	2415290	α_4	0,74	0,76	0,86	1,09	43	13,5
014958	X	Cas	2434991	423,00	2413477	β_2	1,12	0,74	0,78	0,96	117	27,3:
015254	U	Per	2438334	320,52	2411986	α	0,80	1,66	1,60	1,23	140	12,5
015912	S	Ari	2437580	291,98	2402252	$\alpha_1?$	0,67	0,37	0,55	1,16	37	13,3
021024	R	Ari	2437598	186,80	2399680	β_3	0,99	1,17	1,12	1,00	42	11,3
021143a	W	And	2438401	396,71	2414591	$\alpha_3-\gamma_1$	0,61	0,58	0,77	1,35	43	11,8
021281	Z	Cep	2434562	278,48	2416744		0,86	0,62	0,75	1,08	43	13,1
021403	o	Cet	2438457	331,65	2304169	α_3	0,53	0,70	0,78	1,26	49	19,2
022000	R	Cet	2436293	166,24	2403023	$\alpha_4-\beta$	0,83	1,15	1,06	1,14	44	12,2
022150	RR	Per	2434812	390,14	2416454	α_1	0,70	0,49	0,62	1,25	49	9,0
022813	U	Cet	2438144	234,67	2410237	α_4	0,78	1,28	1,17	1,07	55	12,2
023133	R	Tri	2438005	266,40	2412168	β_2	0,78	0,90	0,83	1,03	45	11,1
030514	U	Ari	2437635	371,11	2412407	α_2	0,58	0,53	0,67	1,19	45	14,5
031401	X	Cet	2438611	177,31	2413964	β_3	1,03	1,60	1,50	0,96	65	14,1
032043	Y	Per	2437977	252,27	2415490	β_2	1,35	1,63	1,29	0,95	97	12,4
032335	R	Per	2437596	210,00	2401065	β	1,13	1,11	1,13	1,00	48	15,5
042209	R	Tau	2434660	324,34	2398654	α_2	0,64	0,67	0,77	1,30	42	18,9
042309	S	Tau	2434420	373,27	2399328		0,60	0,51	0,78	1,26	44	20,1
043065	T	Cam	2437906	374,24	2412088	γ_1	1,29	1,82	1,40	1,15	81	18,9
043208	RX	Tau	2434569	335,06	2417155	α_4	0,78	0,48	0,65	1,00	48	13,1
043274	X	Cam	2437921	143,49	2416406	β_3	1,00	0,97	1,21	1,33	39	8,9
044617	V	Tau	2437819	169,80	2404554	β_2	1,00	1,16	1,18	1,00	45	12,1
045307	R	Ori	2438740	378,02	2395637	β	0,80	0,92	1,35	1,09	76	14,9:
045514	R	Lep	2437800	432,47	2398883	β_2	0,94	1,12	1,13	0,88	112	17,3
050003	V	Ori	2438820	267,71	2412846	β	1,16	0,70	0,77	1,12	45	10,7
050022	T	Lep	2434887	368,13	2411368	β_1	0,83	0,81	0,67	1,13	64	10,1

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Harv.Nr.	Stern	Rechenepochen	Beob.			A/	M/m	x/y	Breite Streuung		
			Nullep.	Typ					I/D	Max.	ung
050953	R Aur	2437212	458,37	2401456	γ_1	1,28	1,03	0,96	0,72	49	8,0
052036	W Aur	2436871	274,01	2414648	α_3	0,55	0,66	0,75	1,10	56	10,8
052404	S Ori	2438062	419,20	2404526	γ_1	1,26	1,50	1,16	0,71	86	12,4
053068	S Cam	2434800	326,40	2412607	$\beta_3-\alpha_4$	1,68	1,62	1,18	1,15	155	16,0
053531	U Aur	2438702	408,40	2412559	α_1	0,58	0,48	0,65	1,35	47	10,0
054615a	Z Tau	2434888	494,13	2415105		0,50	0,21	0,33	1,17	45	11,3
054920a	U Ori	2435953	372,45	2409889	$\alpha_4-\gamma_1$	0,51	0,75	0,85	1,47	44	8,0
054974	V Cam	2436601	522,11	2416773	α_1	0,44	0,29	0,41	1,60	49	11,0
055353	Z Aur	2416227	113,00	2416151		0,88	2,06	1,26	1,23	68	15,0:
060450	X Aur	2437757	164,03	2415129	β_3	1,20	1,46	1,30	1,00	44	9,2
061647	V Aur	2437810	352,84	2412728	β_2	1,08	0,95	1,00	0,82	113	12,3
061703	V Mon	2436581	334,07	2409521	β_1	0,70	0,66	0,82	1,14	44	13,6
063159	U Lyn	2434174	436,03	2417212		0,62	0,46	0,64	1,28	47	11,2
063558	S Lyn	2436618	298,03	2414564	α_1	0,53	0,47	0,65	1,04	41	10,2
064030	X Gem	2436870	263,26	2414257	β_2	0,97	0,80	0,83	1,06	52	12,5
065111	Y Mon	2434483	230,90	2415790	β	0,91	0,75	0,84	0,97	43	9,4
065208	X Mon	2434680	155,70	2413968	β_3	1,30	2,11	1,27	0,96	74	35,2
065355	R Lyn	2437605	378,86	2405781	$\beta_2-\gamma_1$	0,82	1,00	1,00	1,10	45	17,9
070109	V CMi	2439076	366,10	2414175	α_3	0,54	0,50	0,59	1,17	60	15,5
070122a	R Gem	2438124	369,63	2398575	α_4	0,55	1,02	1,06	1,36	74	26,4
070310	R CMi	2436270	337,91	2400120	β_3	1,03	1,36	1,36	1,16	102	13,0:
071201	RR Mon	2438709	393,22	2413150	$\alpha_2?$	0,56	0,38	0,57	1,28	45	13,1
071713	V Gem	2436657	275,07	2407748	α_3	0,91	0,94	1,04	1,04	56	14,4
072708	S CMi	2434844	332,20	2399300	β_1	1,10	1,16	1,10	0,97	52	10,1
072811	T CMi	2434816	319,06	2404186	$\alpha_4?$	1,11	0,78	0,79	1,00	69	13,8
073723	S Gem	2436888	293,62	2396075	α_2	0,70	0,55	0,72	1,22	43	11,6
074323	T Gem	2438072	287,66	2397534	β	1,07	1,33	1,29	1,07	68	14,6
081112	R Cnc	2438093	361,69	2397606	β_1	0,77	0,58	0,74	1,21	44	15,2
081617	V Cnc	2438045	272,17	2404565	α_4	0,97	1,24	1,13	1,12	49	14,2
083019	U Cnc	2434557	304,99	2397959	α_1	0,64	0,35	0,53	1,22	39	23,0
083350	X UMa	2436962	248,84	2413580	$\alpha_4?$	0,66	0,52	0,67	1,13	42	12,0
084803	S Hya	2438352	256,47	2397573	β	0,88	1,00	1,09	1,03	53	15,0
085008	T Hya	2438396	288,32	2399460	β	1,10	1,21	1,04	0,92	53	15,9
090425	W Cnc	2434854	393,26	2412833	α_2	0,60	0,48	0,69	1,36	49	11,9
093014	X Hya	2438077	301,44	2413363	$\alpha_4-\beta$	0,62	0,63	0,78	1,12	47	15,0:
093178	Y Dra	2436976	326,10	2416801	α_1	0,70	0,47	0,64	1,21	46	12,4
093934	R LMi	2438405	372,28	2401922	α_4	0,70	0,71	0,85	1,35	53	17,7
094211	R Leo	2437339	312,57	2378577	α_4	0,57	0,75	0,90	1,14	53	12,9
095421	V Leo	2435875	273,42	2411834	α_2	0,62	0,45	0,63	1,20	45	12,1
103769	R UMa	2438386	301,84	2398239	α_3	0,65	0,78	0,79	1,20	51	14,4
123160	T UMa	2438970	256,70	2400720	α_3	0,69	0,93	0,93	1,18	56	13,0
123459	RS UMa	2437730	259,60	2416950	α_3	0,80	0,64	0,78	1,04	46	8,9
123961	S UMa	2438305	225,89	2394302	var	1,03	1,40	1,32	1,12	73	19,7
132422	R Hya	2408085	422,00	2394351	β_1	1,00	0,72	0,78	1,09	38	-
141954	S Boo	2437898	270,80	2400794	$\alpha_4-\beta_1$	0,92	0,94	0,94	1,00	52	9,7
142584	R Cam	2437472	270,09	2399947	β_3	1,04	1,67	2,17	1,15	68	17,2

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Harv.Nr.	Stern	Rechenepochen	Beob.		A/D	M/m	x/y	I/D	Breite Streuung		
			Nullep.	Typ					Max.	ung	
143227	R Boo	2438270	223,46	2399832	β_1	0,97	0,92	1,11	1,03	39	13,1
151731	S CrB	2437771	360,38	2400647	α_3	0,50	0,78	0,87	1,07	60	13,0
163266	R Dra	2438143	245,56	2406715	α_4	0,76	0,99	0,96	1,04	56	12,2
164715	S Her	2438326	307,60	2399261	$\alpha_4-\gamma_1$	0,95	0,96	1,05	0,99	49	8,6
180531	T Her	2438709	165,00	2399933	β_3	0,87	1,21	1,20	1,03	39	11,6
190108	R Aql	2429652	318,00	2399169	α_4	0,72	0,80	0,88	1,13	35	-
193449	R Cyg	2437752	426,35	2398112	α_4	0,55	0,73	0,85	1,27	62	25,2
194632	Chi Cyg	2438037	406,84	2337151	γ_1	0,72	0,76	0,86	1,12	45	12,0:
210868	T Cep	2439492	387,79	2407694	γ_1	1,25	0,91	0,90	0,91	62	12,9
235350	R Cas	2437630	430,97	2398399	α_4	0,58	0,60	0,80	1,48	52	12,7
		Mittel	318,26							57,2	14,2

Literatur

- AMERICAN ASSOCIATION OF VARIABLE STAR OBSERVERS (AAVSO). – 187 Concord Avenue, Cambridge, Mass. 02138.
- AHNERT, P. (1954): Der Lichtwechsel von 46 hellen Mirasternen. – Berlin.
- BARNES, T. G. (1971): Times of Maximum for Mira Variables. – Commission 27 of the I. A. U., IBVS Nr. 513.
- CAMPBELL, L. (1955): Studies of Long Period Variables. – Cambridge.
- GUTHNICK, P. (1901): Neue Untersuchungen über den veränderlichen Stern Mira Ceti. – Nova Acta, Band 79, Nr. 2, Halle.
- HARVARD ANNALS, 79, Part 2 (1926): Maxima and Minima of two hundred and seventy two Long Period Variable Stars.
- HEISER, E. (1970): S UMa. – BAV-Rundbrief Nr. 4/1970, Berlin.
- HOFFMEISTER, C. (1970): Veränderliche Sterne. – Leipzig.
- KUKARKIN, B. V. u. a. (1969): General Catalogue of Variable Stars. – Moskau.
- LUDENDORFF, H. (1916): Untersuchungen über den Lichtwechsel von R Hydrae. – Astron. Nachrichten Nr. 4856.
- LUDENDORFF, H. (1928): Handbuch der Astrophysik. Bd. VI, Teil 2, Berlin.
- MÜLLER, G., HARTWIG, E. (1918): Geschichte und Literatur des Lichtwechsels. – Leipzig.
- ROSENBERG, H. (1906): Der Veränderliche Chi Cygni. – Nova Acta, Band 85, Nr. 2, Halle.
- STERNE, T. E., CAMPBELL, L. (1936): Changes of Period in Long Period Variables. – Harvard Annals, Tercentenary Papers No. 24.

