Mitteilungen über veränderliche Sterne

Herausgegeben von der Sternwarte Sonneberg der Deutschen Akademie der Wissenschaften

Supplement II 1962 Juli 18

Scheinperioden bei einer Gruppe von RR-Lyrae-Sternen

Von W. Wenzel

A. Einleitung

Es ist bekannt, daß die RR-Lyrae-Sterne der Kugelhaufen mit Perioden um $0^{d}.3$ symmetrische Lichtkurven besitzen (RRc-Typus). Schon GREENSTEIN (1) wies jedoch darauf hin, daß im allgemeinen Feld einige Objekte vorkommen, die trotz kurzer Perioden unsymmetrische Kurvengestalt (Typus ab) zeigen; er nannte als Beispiele CY Aqr und RZ Cep. Wir wissen heute, daß CY Aqr Vertreter einer besonderen Gruppe von RR-Lyrae-Sternen ist und daß RZ Cep eine stark veränderliche Periode besitzt (2). - Des weiteren glaubte GAPOSCHKIN (3) in der Nähe des galaktischen Zentrums eine große Anzahl RRab-Sterne mit Perioden um $0^{d}.3$ gefunden zu haben; verschiedene Beobachter zeigten aber, daß diese Perioden teilweise durch Scheineffekte verfälscht sind und in Wirklichkeit in der Nähe von etwa $0^{d}.5$ liegen.

Im Jahre 1959 veröffentlichte KINMAN (4) in einer Arbeit über das Pulsationskriterium der RR-Lyrae-Sterne eine Zusammenstellung derjenigen bis dahin benannten 16 RRab-Feldsterne, für die Perioden zwischen $0^{d}.20$ und $0^{d}.36$ und eine starke Asymmetrie der Lichtkurve ($\varepsilon = t_{Max.} - t_{Min.}/P < 0.22$) angegeben werden. Der Autor erhält im Mittel für diese Veränderlichen

a) eine stärkere galaktische Konzentration als bei den Sternen mit geringer Asymmetrie;

b) aus der Pulsationstheorie abgeleitet die absolute Helligkeit $+0^{m}.9$ unter der Annahme, daß die RR-Lyrae-Sterne in M3 die Leuchtkraft $0^{m}.0$ besitzen;

c) aus b folgend und a bestätigend einen relativ geringen Abstand von der galaktischen Ebene.

In Anbetracht der Bedeutung, die die Befunde an RR-Lyrae-Sternen für die Theorie der Veränderlichen haben, erschien es nützlich, die Periodenlängen der genannten Gruppe von 16 Objekten so weit wie möglich zu überprüfen, zumal einige der Sterne von vornherein durch große Streuung in den veröffentlichten Lichtkurven auffielen.

B. Hauptteil

1. Scheinperioden

Bei der Neubearbeitung der erwähnten Veränderlichen ergab sich sogleich, daß wegen der Verteilung des zur Ableitung der bisherigen Periodenlängen verwandten Beobachtungsmaterials mit dem Auftreten von Scheinperioden zu rechnen ist. Da mehr als die Hälfte der Objekte im Sonneberger Felderplan enthalten ist, war im gegebenen Fall stets zu prüfen, ob seit der seinerzeitigen Bearbeitung neue Platten hinzugekommen waren, die eine unabhängige Kontrolle der Elemente ermöglichen würden.

Bevor auf die Einzelheiten der Neubearbeitung eingegangen werden soll, kann es nützlich sein, die Vorgänge beim Auftreten von Scheinperioden zu rekapitulieren. Wir verwenden die folgenden Bezeichnungen:

A Ausgangsepoche, meist Zeit eines gut bestimmten Maximums.

t Zeitpunkt der Beobachtung.

$$T \equiv t - A$$

P Periode des Lichtwechsels.

φ Phase der Beobachtung in der Lichtkurve.

K;n;q;r Ganze Zahlen.

Wenn man für die Lichtkurvendarstellung als Zeiteinheit die Periode P des Veränderlichen benutzt, ist φ die Zeit, die zwischen der ins Auge gefaßten Beobachtung und dem vorangegangenen Maximum vergangen ist:

$$\varphi = \frac{T}{P} - \left[\frac{T}{P}\right] = \frac{T}{P} - n \; .$$

Hierin bedeutet [a] die größte in a enthaltene ganze Zahl.

Zwei Perioden P_q und P_r, die für die betrachtete Beobachtung dieselbe Phase φ ergeben, stehen also in folgendem Zusammenhang:

$$\frac{T}{P_q} - q = \frac{T}{P_r} - r \qquad \text{oder} \qquad T\left(\frac{1}{P_q} - \frac{1}{P_r}\right) = q - r \; .$$

Ohne Einschränkung der Allgemeinheit schreiben wir

$$(1) \qquad T\left(\frac{1}{P_0} - \frac{1}{P_K}\right) = -K \qquad (-\infty < K < +\infty).$$

Diese Beziehung ist folgendermaßen zu deuten: Wenn in einer Beobachtungsreihe die einzelnen Beobachtungen immer genau durch die Zeit T oder ganze Vielfache davon getrennt sind, läßt sich im allgemeinen eine Familie von Perioden $P_{-\infty}$ bis $P_{+\infty}$ angeben, die alle mit den Beobachtungen verträglich sind. Die Differenz der Reziproken zweier in der Größe aufeinander folgenden Perioden ist dabei $\frac{1}{T}$.

Da nun jede Beobachtung mit einer gewissen Ungenauigkeit behaftet ist, brauchen die Abstände zwischen den Beobachtungen nur genähert der genannten Bedingung zu genügen, ohne daß dadurch die Vieldeutigkeit praktisch verlorengeht.

Bei Beobachtungen an RR-Lyrae-Sternen ist gewöhnlich

$$T = 1 \text{ Sterntag} = 0\overset{d}{.}99727$$

wirksam (Messungen oder Aufnahmen stets bei nahezu demselben Stundenwinkel). In besonderen Fällen kann auch T = 1 m. Sonnentag sein, wenn aus irgendeinem Grund die Beobachtungen immer zur gleichen Stunde am Abend erfolgen.

Die zu T gehörenden Periodenfamilien lassen sich, ausgehend von einer beliebigen Grundperiode, etwa P_0, mittels der aus (1) folgenden Relation

$$P_K = \frac{TP_0}{T+KP_0} \tag{2}$$

berechnen. Setzen wir insbesondere $T = 0\overset{d}{.}99727$, so wird

$$P_K = \frac{0.99727 \cdot P_0}{0.99727 + KP_0} \ . \tag{3}$$

Im allgemeinen muß K so beschaffen sein, daß in (2) oder auch (3) $P_K > 0$ herauskommt, d.h.

$$KP_0 > -T \quad \text{bzw.} \quad KP_0 > -0\overset{d}{.}99727 \ .$$

Nur bei Vorliegen symmetrischer Lichtkurven kann diese Bedingung fallen gelassen werden, da dann bei Vertauschung von φ und $-\varphi$ die Gestalt der Lichtkurve keiner Änderung unterliegt. Es führen nämlich diejenigen Perioden $P_K = \Pi$, die sich aus (2) negativ ergaben, zu negativen Phasen $\varphi_\Pi = -\varphi$.

Die folgende Tabelle enthält für einige Werte P_0 einen Teil der positiven Mitglieder der nach (3) gerechneten Periodenfamilien ($T = 0\overset{d}{.}99727$).

P_{-3}	P_{-2}	P_{-1}	P_0	P_{+1}	P_{+2}	P_{+3}
			∞	T	T/2	T/3
			1000	0.996	0.498	0.332
			100	0.987	0.496	0.331
			10	0.907	0.475	0.322
			1	0.499	0.333	0.249
		∞	T	T/2	T/3	T/4
	∞	T	T/2	T/3	T/4	T/5
∞	T	T/2	T/3	T/4	T/5	T/6

Innerhalb einer Periodenfamilie, d.h. einer Zeile der Tabelle, ist ein Wert als die wahre Periode des Sternes anzusehen. Die übrigen Werte bezeichnet man als "Scheinperioden". Diese sind als solche zu erkennen, wenn es gelingt, Beobachtungen abweichend von dem durch T bestimmten Turnus zu erlangen, also in unserem Fall in anderen Stundenwinkeln als üblich.

In der Tabelle treten eine Anzahl Gesetzmäßigkeiten zu Tage, die dazu führen, daß ein Periodenwert Mitglied mehrerer Familien sein kann.

Wenn P_λ (P) das mit dem Index $K = \lambda$ versehene Mitglied der zu $P_o = P$ gehörenden Familie ist, so gilt zum Beispiel

$$P_\lambda (P_o) = P_\mu \left\{P_{\lambda-\mu} (P_o)\right\} = P_{\lambda-\mu} \left\{P_\mu (P_o)\right\} ,$$

wie man aus (2) leicht ableiten kann. Jedoch haben diese Dinge kaum praktisches Interesse, denn es muß bemerkt werden, daß in den weitaus meisten Fällen wahre und Scheinperioden mittels $|K| = 1$ in (3) miteinander verknüpft sind.

Die oft vertretene Ansicht, daß wahre und Scheinperiode im Verhältnis kleiner ganzer Zahlen zueinander stehen, ist für einen Sonderfall richtig, nämlich wenn

$$P_q = \frac{l}{m} \cdot T \qquad (m,\ l \text{ ganz};\ m > l \geq 1$$

ist. Dann wird

$$P_r = \frac{TP_q}{T+(r-q)P_q} = \frac{l}{m+(r-q)\cdot l} \cdot T$$

und

$$\frac{P_q}{P_r} = \frac{m+(r-q)l}{m} ,$$

was zu beweisen war. In den häufigen Fällen, in denen $|r-q| = 1$ ist (siehe voriger Absatz), reduziert sich dieser Quotient zu

$$\frac{P_q}{P_r} = \frac{m \pm l}{m} .$$

Die obige Tabelle der Periodenfamilien enthält einige Beispiele mit $l = 1$.

2. Die RRab-Feldsterne mit Periode um $0^d_.3$

Die folgende Tabelle gibt eine Zusammenfassung der bei den 16 eingangs erwähnten Sternen festgestellten Befunde. Die dritte Spalte enthält die aus den angegebenen Quellen entnommenen neuen, richtigen Perioden; sie stammen mit einer Ausnahme vom Verfasser. 3 Sterne liegen für eine Bearbeitung in Sonneberg zu südlich.

Nach den Darlegungen in Abschnitt 1 ist theoretisch die Differenz

$$\frac{1}{P_{alt}} - \frac{1}{P_{neu}} = \frac{1}{0.9973} = 1.003\ d^{-1} ;$$

als Mittel der 8 in Frage kommenden Werte der Tabelle (Seite 5) erhalten wir 1.004 d^{-1}.

Die nicht eingeklammerten Werte von ε entstammen der "Quelle" der letzten Spalte, die übrigen aus anderen Literaturstellen.

Stern	P_{alt}	P_{neu}	$\frac{1}{P_{alt}} - \frac{1}{P_{neu}}$	ε	Bemerkung	Quelle
V 672 Aql	$0^d.346$	$0^d.530$	1.00 d^{-1}	0.25		MVS 636
V 753 Aql	299	427	1.00	0.15		MVS 619
IU Car	298					
QR Cas	323	488	1.04	0.15		MVS 603
SW Cru	328					
IV Cyg	334	334	0	0.20	Periode veränderlich	MVS 653
RV Del	332	498	1.00	0.20		MVS 618
BK Del	360	360	0	(0.14)	Periode veränderlich	MVS 670
CP Del	345	527	1.00	0.17		MVS 622
DQ Del	348	535	1.00	0.20		MVS 621
XX Hya	337	508	0.99	(0.15)		AN 215
TV Lib	270	270	0	(0.13)		MVS 670
AQ Lyr	357	357	0	0.15	Periode veränderlich	MVS 656
DD Lyr	271	373	1.01	0.25		MVS 652
V 413 Oph	310	310	0	(0.16)		MVS 673
V 1176 Sgr	355					

Der Inhalt der Tabelle ist in kurzen Worten folgender:

a) Bei 8 der 13 untersuchten Objekte waren die bisherigen Elemente durch eine Scheinperiode entstellt.

b) Bei 3 der 5 Sterne, deren Perioden annähernd richtig waren, ist ohne jeden Zweifel eine Veränderlichkeit der Perioden vorhanden.

c) Es verbleiben 2 Objekte, TV Lib und V 413 Oph, die trotz starker Asymmetrie der Lichtkurven keine beobachtbare Veränderlichkeit ihrer bei $0^d.3$ liegenden Perioden im Beobachtungszeitraum aufweisen.

Jetzt erhebt sich die Frage, auf welche Weise die in der Einleitung unter a genannte auffällige galaktische Konzentration der hier betrachteten Sterne zu erklären ist. Es gibt prinzipiell zwei Möglichkeiten:

a) Der Befund ist reell. Dann müßten alle RR-Lyrae-Sterne mit ähnlichen Werten von (richtiger) Periode und Dauer des Anstiegs ($\varepsilon = t_{Max.} - t_{Min.}/P$) im Mittel dieses Verhalten zeigen.

b) Der Befund gründet sich auf einen Auswahleffekt, indem zufällig die Sterne mit falsch bestimmten Perioden geringe galaktische Konzentration haben.

Die Untersuchung zeigt, daß im wesentlichen Fall b verwirklicht ist: Zum Beweis teilen wir alle RR-Lyrae-Sterne mit

$$P = 0\overset{d}{.}36 \ldots 0\overset{d}{.}54$$
$$\text{und } \varepsilon = 0.15 \ldots 0.25$$

aus dem GCVS 1958 unter Ausschluß der Objekte in Sagittarius (siehe Einleitung) auf die zwei Zonen $|b| < 30^o$ und $|b| > 30^o$ auf; ferner trennen wir in dem hier behandelten Material der 13 Sterne die kurzen Perioden von den übrigen. Dann erhalten wir folgende Tabelle anstelle der Tabelle IV bei KINMAN (4).

	Material Kinmans			GCVS 1958
	$P = 0\overset{d}{.}36 \ldots 0\overset{d}{.}54$	$P \le 0\overset{d}{.}36$		$P = 0\overset{d}{.}36 \ldots 0\overset{d}{.}54$ $\varepsilon = 0.15 \ldots 0.25$
		$\varepsilon < 0.22$	$\varepsilon > 0.22$	
$\lvert b\rvert < 30^o$	8	4	35	88
$\lvert b\rvert > 30^o$	0	1	18	39

Ein Vergleich der einzelnen Spalten ergibt in der Tat, daß die Verteilung in Spalte 5 derjenigen in Spalte 4 ähnelt, aber von derjenigen in Spalte 2 verschieden ist. Die Aussage von Spalte 3 hat wegen der geringen Zahl von Objekten wenig Gewicht; durch eine geringfügige Änderung der b-Zonen würde sich das dortige Verhältnis von 4:1 auf 3:2 verringern. Seltsamerweise haben die beiden Sterne mit anscheinend stabilen kurzen Perioden (TV Lib und V 413 Oph) die höchsten galaktischen Breiten ($+38^o$ und $+25^o$).

C. Schlußbemerkung

Zum Schluß soll ausdrücklich betont werden, daß diese kleine Arbeit keinen Beitrag zur Klärung der statistischen Eigenschaften der RR-Lyrae-Sterne leisten soll. Das Ziel ist vielmehr, auf die nicht vernachlässigbare Anzahl ungenau bestimmter Periodenwerte in dem durch die Veränderlichen-Kataloge bereitgestellten Material hinzuweisen. Bei der Durchsicht des GCVS 1958 fällt auch das Fehlen einer Angabe über ε bei bemerkenswert vielen RR-Lyrae-Sternen auf, obwohl deren Perioden genügend Dezimalen aufweisen für eine Konstruktion der mittleren Lichtkurve aus den Einzelbeobachtungen.

Literatur

(1) Greenstein, J.L AN 257.301
(2) Geyer, E. ZfAph 44.98
(3) Gaposchkin, S. ПЗ 10.337
(4) Kinman, T.D. MN 119.134