

BAV Mitteilungen

Nr. 78

15. November 1995

von
E. Wunder, Heidelberg

Periodenänderungen bei 7 hellen RR Lyrae-Sternen des BAV-Standardprogramms

***Period changes of 7 bright RR Lyrae variables
included in the BAV standard program***

Abstract:

On base of 1578 times of maxima historical and present period changes of the RR Lyrae stars SW And, SW Aqr, AA Aql, X Ari, RS Boo, RR Cet and XZ Cyg - all part of the BAV standard program - are analysed. Three stars (SW And, X Ari, RS Boo) have a parabolic O-C-curve, i.e. the period is varying in proportion to time, two further stars (SW Aqr, AA Aql) probably too. One star (RR Cet) show a sudden period jump, and another star (XZ Cyg) is characterized by several chaotic period jumps on the one hand and parabolic O-C-curves between the jumps on the other hand. No star has a constant period.

In Tab. 1 the period jumps and the quadratic terms of the elements are quantified and timed, in Tab. 2 elements are given to describe the historical O-C-curves, in Tab. 3 instant elements are listed to support nowadays observations.

Bundesdeutsche Arbeitsgemeinschaft für Veränderliche Sterne e.V. (BAV)

Berliner Arbeitsgemeinschaft für veränderliche Sterne e.V. (BAV) vereinigt mit Arbeitskreis Veränderliche Sterne (AKV)

Dies ist die erste von mehreren Veröffentlichungen zu den Sternen des RR Lyrae-Standardprogramms der BAV. Anhand von Daten, die in der diesbezüglichen BAV-Datenbank gespeichert sind, wird der Verlauf der O-C-Kurven dieser Objekte seit ihrer Entdeckung rekonstruiert und charakterisiert sowie gegebenenfalls neue instante Elemente berechnet. Aus Platzgründen werden keine Listen gesammelter Maxima veröffentlicht, diese können aber von Interessierten beim Autor angefordert werden.

In dieser BAV-Mitteilung werden Daten zu den Sternen SW And (339), SW Aqr (69), AA Aql (101), X Ari (44), RS Boo (217), RR Cet (53) und XZ Cyg (755) analysiert. In Klammern ist jeweils die Zahl der vorliegenden Maxima zu den einzelnen Sternen angegeben, insgesamt lagen also 1578 Maxima vor. Bei der Berechnung von Elementen wurden lichtelektrische Beobachtungen grundsätzlich immer fünffach gewichtet und offensichtlich fehlerhafte oder zweifelhafte Beobachtungen von vorneherein von der Analyse ausgeschlossen, ohne daß dies im folgenden immer gesondert erwähnt wird.

Tabelle 1: Kontinuierliche Periodenänderungen und Periodensprünge bei 7 RR Lyrae-Sternen des BAV-Standardprogramms

Period changes in proportion to time:		
	ΔP [s/s]	interval of observations
SW And	$-4.76 * 10^{-10}$	1894-1994
SW Aqr	$+3.4 * 10^{-11}$	1912-1994
AA Aql	$+4.4 * 10^{-11}$	1913-1994
X Ari	$+1.31 * 10^{-9}$	1914-1994
RS Boo	$+1.86 * 10^{-10}$	1900-1994
XZ Cyg	$-4.831 * 10^{-10}$	1904-1968
	$-2.08 * 10^{-8}$	1968-1979
	$(-1.4 * 10^{-8})$	1979-1984
	$-5.57 * 10^{-9}$	1984-1994
Sudden period jumps		
	intensity [s]	year
RR Cet	+2.04	1936
XZ Cyg	-10.63	1968
	+19.87	1979
	-5.88	1984

Von den 7 untersuchten Sternen zeigen 3 (SW And, X Ari, RS Boo) einen O-C-Verlauf, der eindeutig durch eine Parabel darstellbar ist, bei weiteren 2 (SW Aqr, AA Aql) liegt eine solche Interpretation zumindest nahe. Bei einem Objekt (RR Cet) ist der O-C-Verlauf besser durch einen plötzlichen Periodensprung zu beschreiben, ein anderes Objekt (XZ Cyg) zeigt mehrere solche plötzliche - und unterschiedlich gerichtete - Periodensprünge, zwischen diesen einzelnen Sprüngen verläuft die O-C-Kurve aber parabolisch und auch immer gleich gerichtet, was auf sternevolutionäre Prozesse hindeutet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefaßt.

Aufgrund der zahlreich vorliegenden Beobachtungen bietet SW And sicher das beste Beispiel einer parabolischen O-C-Kurve (vgl. Abb. 1 und 2): die Periode nimmt während des gesamten Beobachtungszeitraums von 100 Jahren - der beinahe lückenlos dokumentiert ist - kontinuierlich ab. Wären doch alle Sterne so gut beobachtet!

Als derzeit gültige neue instante Elemente wurden für SW And berechnet:

$$\text{JD hel. (max)} = 48558.4078 + 0.4422665 * E \\ \pm 24 \qquad \qquad \qquad \pm 12$$

Wesentlich weniger Beobachtungen liegen für SW Aqr vor (vgl. Abb. 3). Hier hängt es im wesentlichen von der Interpretation des Bearbeiters ab, ob er die Variation der nur wenigen Datenpunkte im O-C-Diagramm lieber durch eine plötzliche oder eine kontinuierliche Periodenänderung erklären will. Ein auf der Annahme einer kontinuierlichen Änderung basierendes O-C-Diagramm (Abb. 4) stellt die Beobachtungen aber recht gut dar. Jedenfalls so gut, daß die Hypothese einer kontinuierlichen Periodenänderung nicht als widerlegt gelten kann. Solange dies nicht der Fall ist, halte ich in solchen Zweifelsfällen bei RR Lyrae-Sternen (nicht bei Bedeckungsveränderlichen!) grundsätzlich an der Hypothese einer kontinuierlichen Periodenänderung fest, da diese astrophysikalisch sinnvoll ist und mittlerweile bei immer mehr RR Lyrae-Sternen (z.B. SW And) als zweifelsfrei zutreffend gelten kann. Auch halte ich solche kontinuierlichen Änderungen für die „ontologisch sparsamere“ Erklärung im Sinne eines wissenschaftlichen Ökonomieprinzips („Ockhams Razor“): während kontinuierliche Periodenänderungen sternevolutionär aufgrund des Wanderns der Objekte im HR-Diagramm zu erwarten sind, ist dies bei plötzlichen, ungerichteten Periodensprüngen nicht der Fall, deren astrophysikalische Erklärung nach wie vor umstritten ist.

Als instante Elemente für SW Aqr lassen sich nach wie vor die des GCVS 1985 verwenden, weshalb hier keine Neuberechnung vorgenommen wurde.

AA Aql galt bis jetzt immer als klassisches Beispiel eines RR Lyrae-Sterns mit konstanter Periode (Tsesevich, 1966, S. 59 und 131). Dies müssen wir aufgrund neuerer BAV-Beobachtungen nun aber anzweifeln, wie das O-C-Diagramm (Abb. 5) zeigt. In jüngster Zeit ist eindeutig ein Trend hin zu positiven O-C zu beobachten. Ähnlich wie bei SW Aqr stellt sich auch hier die Frage, ob die Periodenänderung als plötzliche oder als kontinuierliche zu interpretieren ist. Und auch hier entscheide ich mich im Zweifelsfall für die zweite Alternative.

Als instante Elemente können derzeit verwendet werden:

$$\text{JD hel. (max)} = 47055.3307 + 0.36178744 * E \\ \pm 19 \qquad \qquad \qquad \pm 16$$

X Ari (Abb. 6 und 7) wurde bereits vor einigen Jahren von mir bearbeitet (Wunder, 1989). Damals glaubte ich, den O-C-Verlauf besser durch zwei Periodensprünge als durch eine kontinuierliche Änderung darstellen zu können. Neuere Beobachtungen weichen nun aber bereits wieder deutlich von den damals bestimmten instanten Elementen ab - und zwar in Richtung und Größenordnung bestens vereinbar mit der Annahme eines durchgehend parabolischen Kurvenverlaufs. Für die Beobachtungsplanung dürften trotzdem noch die damals angegebenen instanten Elemente ausreichen.

Auch RS Boo wurde bereits früher von mir besprochen (Wunder, 1987). Seither hat sich der damals schon festgestellte parabolische Verlauf der O-C klar fortgesetzt (Abb. 8 und 9). Die Größe des quadratischen Terms in den Elementen konnte nun aufgrund der neuen Beobachtungen noch genauer bestimmt werden. Als instante Elemente zur Beobachtungsplanung eignen sich die Elemente des GCVS.

Bei RR Cet dagegen ist eine parabolische Lösung offenbar nicht zufriedenstellend (Abb. 10). Der O-C-Verlauf wird besser durch einen einmaligen Periodensprung im Jahr 1936 beschrieben. Seither sind die Elemente des GCVS 1985 (33181.404 + 0.55302814) gültig, davor die Elemente von Tsesewich (1966), S. 228 (17501.444 + 0.55302577).

XZ Cyg ist mit Sicherheit das interessanteste der hier diskutierten Objekte. Die Abbildungen 11 und 12 zeigen zunächst den Verlauf der O-C-Werte seit der Entdeckung des Sterns. Die gleichen Daten wurden zweimal gegen verschiedene Elemente dargestellt: in Abb. 11 gegen eine mittlere Periode, in Abb. 12 gegen eine von mir bereits früher berechnete, in erster Näherung heute gültige Periode (Wunder, 1987). Dies ist sinnvoll, da aufgrund der außerordentlich starken Periodenänderungen nicht in beiden Diagrammen alle Details gleich gut erkennbar sind. Drei (in den Abbildungen markierte) plötzliche Periodensprünge sind in den Jahren 1968, 1979 und 1984 auszumachen. Zwischen diesen einzelnen Periodensprüngen verläuft die O-C-Kurve aber offensichtlich parabolisch, nur zwischen dem zweiten und dritten Periodensprung ist die vergangene Zeit zu kurz, um zu sicheren Schlüssen zu gelangen (die Größe des quadratischen Terms erreicht hier die Größenordnung der unter Annahme eines 5%-Signifikanzniveaus zu erwartenden Fehler). Bemerkenswert ist insbesondere, daß zwischen den Periodensprüngen die kontinuierlichen Periodenänderungen immer gleich gerichtet sind (ganz im Gegensatz zu den unterschiedlich gerichteten, scheinbar chaotischen Periodensprüngen). Dies ist auch zu erwarten, falls der Stern seine Verlaufsrichtung im HR-Diagramm nicht ändern sollte, was innerhalb so kurzer Zeiträume ganz und gar unwahrscheinlich ist. Die Größe des quadratischen Glieds ist in den einzelnen Phasen kontinuierlicher Periodenänderungen allerdings recht unterschiedlich. Womit dies zusammenhängt, vermag ich nicht zu sagen.

Abb. 13 zeigt einen stark vergrößerten Ausschnitt aus Abb. 12, nämlich die O-C-Entwicklung seit etwa 1974, wobei hier allerdings gleitende Mittel aus jeweils 9 Maxima eingetragen sind (weshalb die scheinbaren „Rundungen“ zu den Zeiten der Periodensprünge als ein durch das Mittelungsverfahren bedingter Scheineffekt zu werten sind). Es wurden in diesem Diagramm ferner nur Beobachtungen bis 1993 berücksichtigt, die neueste Entwicklung ist also nicht dargestellt.

1994 tauchten dann Beobachtungen auf, die deutlich negative O-C gegen die 1987 von mir abgeleiteten Elemente zeigten, was mich zu einem Beobachtungsauftrag und dem Verdacht eines erneuten Periodensprungs führte (Wunder, 1994). Abb. 14 zeigt

dem Verdacht eines erneuten Periodensprungs führte (Wunder, 1994). Abb. 14 zeigt jedoch, daß dieser Verdacht unbegründet war: der neuerliche negative Trend in den O-C ist besser durch eine langsame kontinuierliche Periodenabnahme seit dem Periodensprung von 1984 erklärbar. Allerdings nur dann, wenn die Ergebnisse eines Beobachters (Kurt Seifert) von der Analyse ausgeschlossen werden: sie weichen systematisch von den Ergebnissen zahlreicher anderer unabhängiger Beobachter ab. Ein Grund dafür konnte bisher noch nicht ausgemacht werden.

Da die O-C gegen die Elemente von 1987 aber auch bei den anderen Beobachtern schon über eine Stunde betragen, ist es dringend notwendig, neue instante Elemente anzugeben. Sie ergeben sich zu:

$$\text{JD hel. (max)} = 49578.4389 + 0.46660651 * E$$

$\pm 19 \qquad \qquad \qquad \pm 90$

Zusammenfassend sind in Tabelle 2 für alle sieben RR Lyrae-Sterne die Elemente angegeben, mit denen sich der Verlauf der historischen O-C beschreiben läßt. Tabelle 3 listet derzeit gültige instante Elemente auf, die zur Beobachtungsplanung verwendet werden sollten.

Eine weitergehende statistische Betrachtung der Angaben von Tabelle 1 wird erst vorgenommen, wenn auch zu den weiteren RR Lyrae-Sternen des BAV-Standardprogramms vergleichbare Angaben vorliegen.

Literatur:

Tsesevich, V.P. (1966): Zvezdy Tipa RR Lyrae. Kiew.
Wunder, E. (1987): Verbesserung der Elemente für RS Boo und XZ Cyg.
BAV-Rundbrief 36, Nr. 4, S. 157.
Wunder, E. (1989): Änderung der Pulsationsperiode von X Arietis.
BAV-Rundbrief 38, Nr. 1, S. 1.
Wunder, E. (1994): XZ Cygni: Aufruf zur Beobachtung.
BAV-Rundbrief 43, Nr. 3/4, S. 113.

Tabelle 2: Elemente zur Beschreibung des historischen O-C-Verlaufs

	Elements	valid	Reference
SW And	$35249.25744 + 0.442270491 - 1.032 * 10^{-10}$	1894-today	this paper
SW Aqr	$29873.66851 + 0.459302906 + 7.8 * 10^{-12}$	1912-today	this paper
AA Aql	$36255.97569 + 0.361787173 + 7.9 * 10^{-12}$	1913-today	this paper
X Ari	$38390.3162 + 0.65114447 + 4.25 * 10^{-10}$	1914-today	this paper
RS Boo	$37617.87468 + 0.377338239 + 3.50 * 10^{-11}$	1900-today	this paper
RR Cet	$17501.444 + 0.55302577$ $33181.404 + 0.55302814$	1902-1936 1936-today	Tsesevich GCVS 1985
XZ Cyg	$29090.7632 + 0.466582346 - 1.127 * 10^{-10}$ $41924.0658 + 0.4664642 - 4.85 * 10^{-9}$ $44953.7505 + 0.4666879 - 3.3 * 10^{-9}$ $47712.937 + 0.46661464 - 1.30 * 10^{-9}$	1904-1968 1968-1979 1979-1984 1984-today	this paper this paper this paper this paper

Tabelle 3: Derzeit gültige instante Elemente, die zur Beobachtungsplanung verwendet werden sollten

	Elements	Reference
SW And	$48558.4078 + 0.4422665$	this paper
SW Aqr	$25097.3771 + 0.45930318$	GCVS 1985
AA Aql	$47055.3307 + 0.36178744$	this paper
X Ari	$46825.312 + 0.651152$	Wunder (1989)
RS Boo	$41770.49 + 0.37733896$	GCVS 1985
RR Cet	$33181.404 + 0.55302814$	GCVS 1985
XZ Cyg	$49578.4389 + 0.46660651$	this paper

Abb. 1

O-C von SW And

36466,828 + 0,442270121

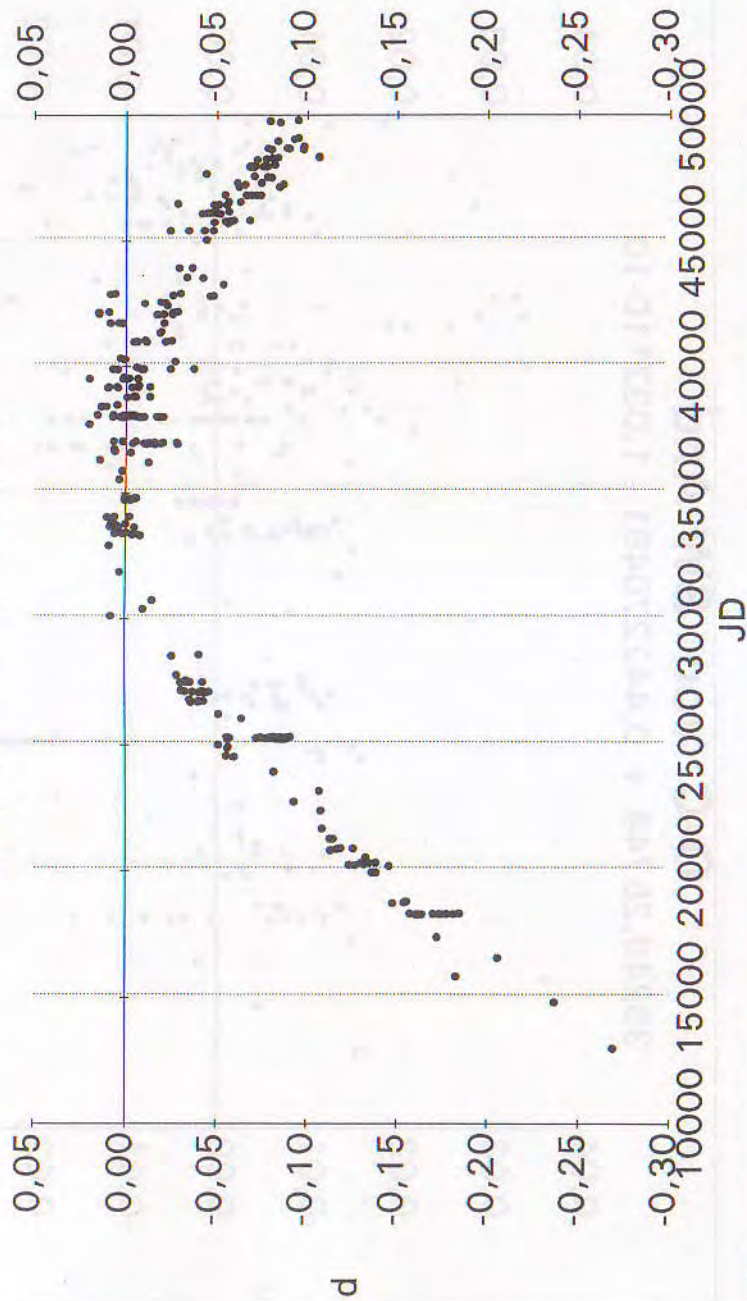


Abb. 2

O-C von SW And

$$35249,25744 + 0,442270491 \cdot 10^{-10} \cdot \text{JD}$$

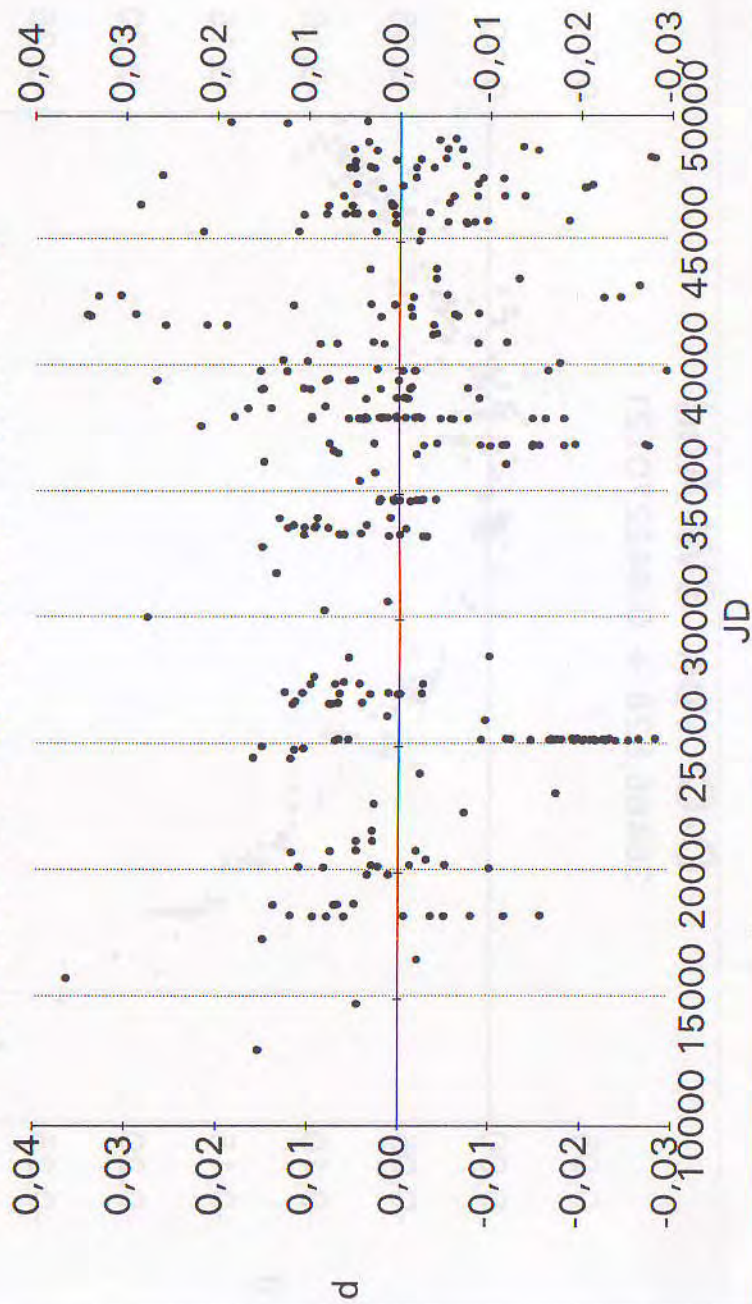


Abb. 3

O-C von SW Aqr
 $25097,3771 + 0,45930318$

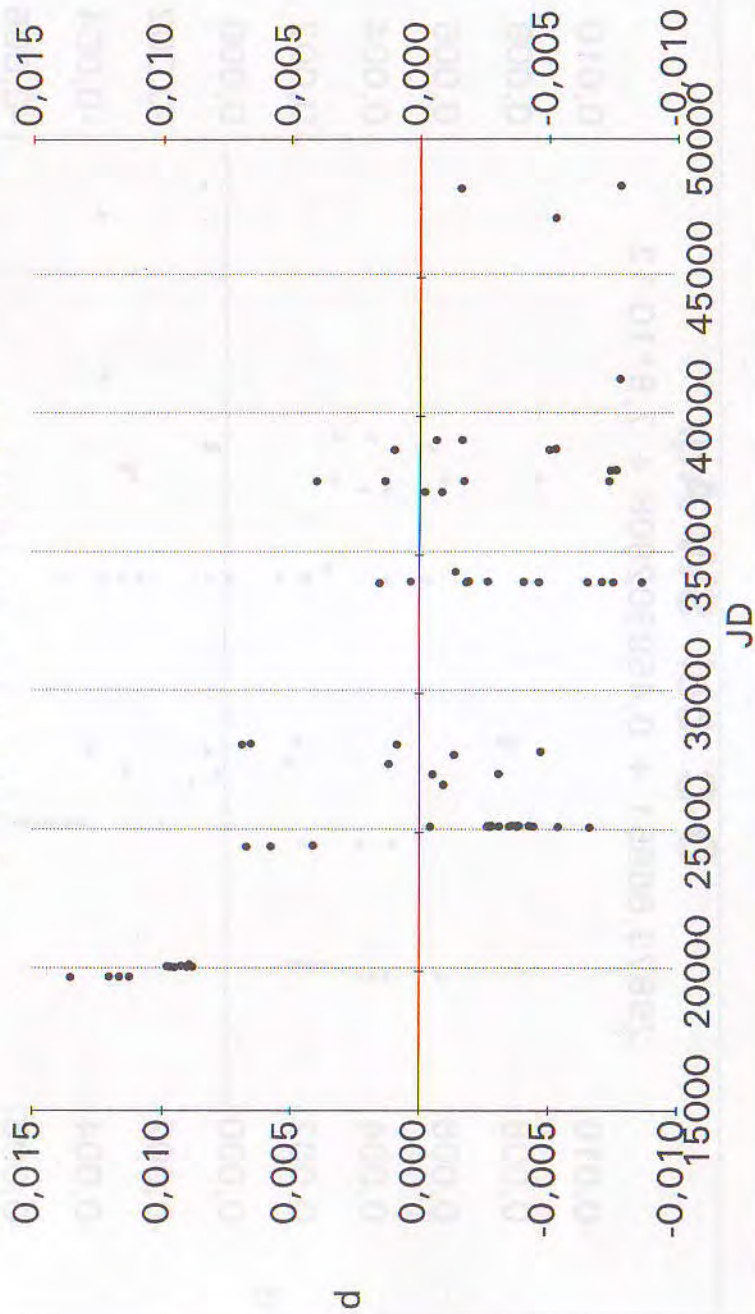


Abb. 4

O-C bei SW Aqr

$$29873,66851 + 0,459302906 + 7,8 * 10^{-12}$$

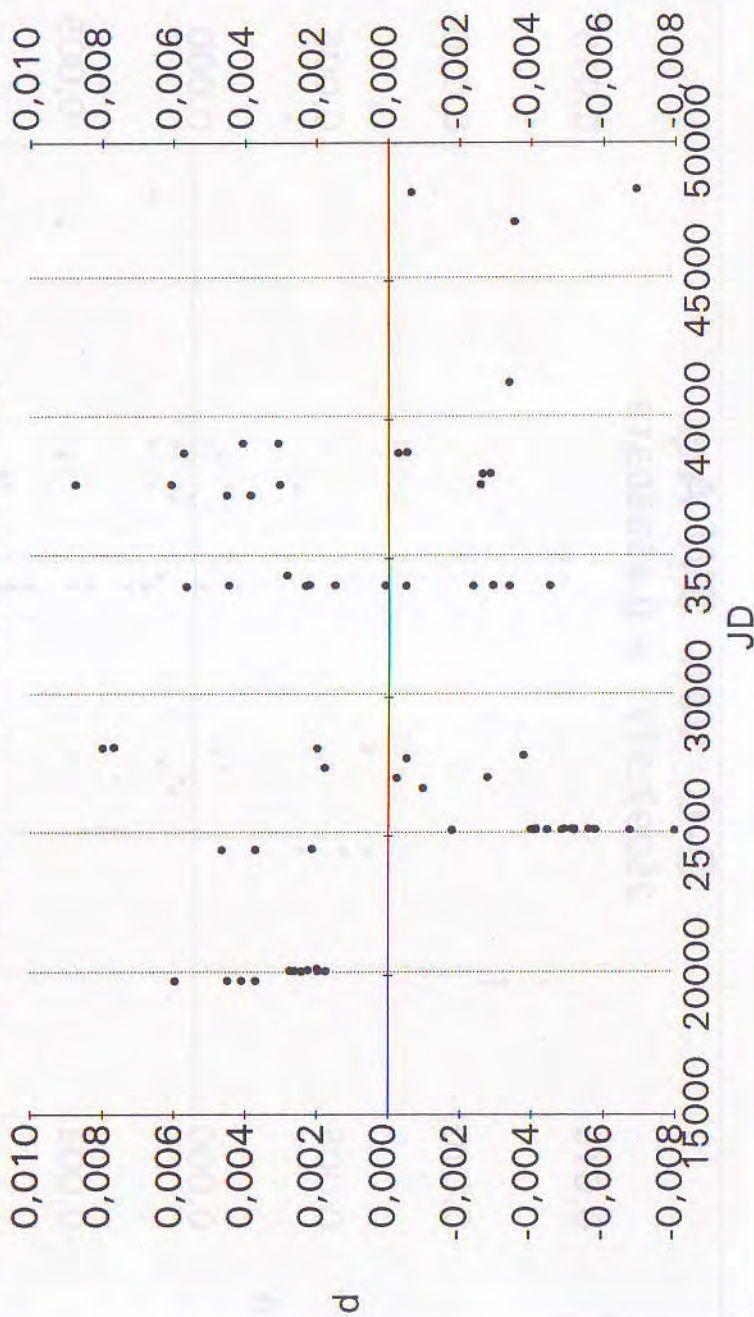


Abb. 5

O-C von AA Aql

19625,352 + 0,36178703

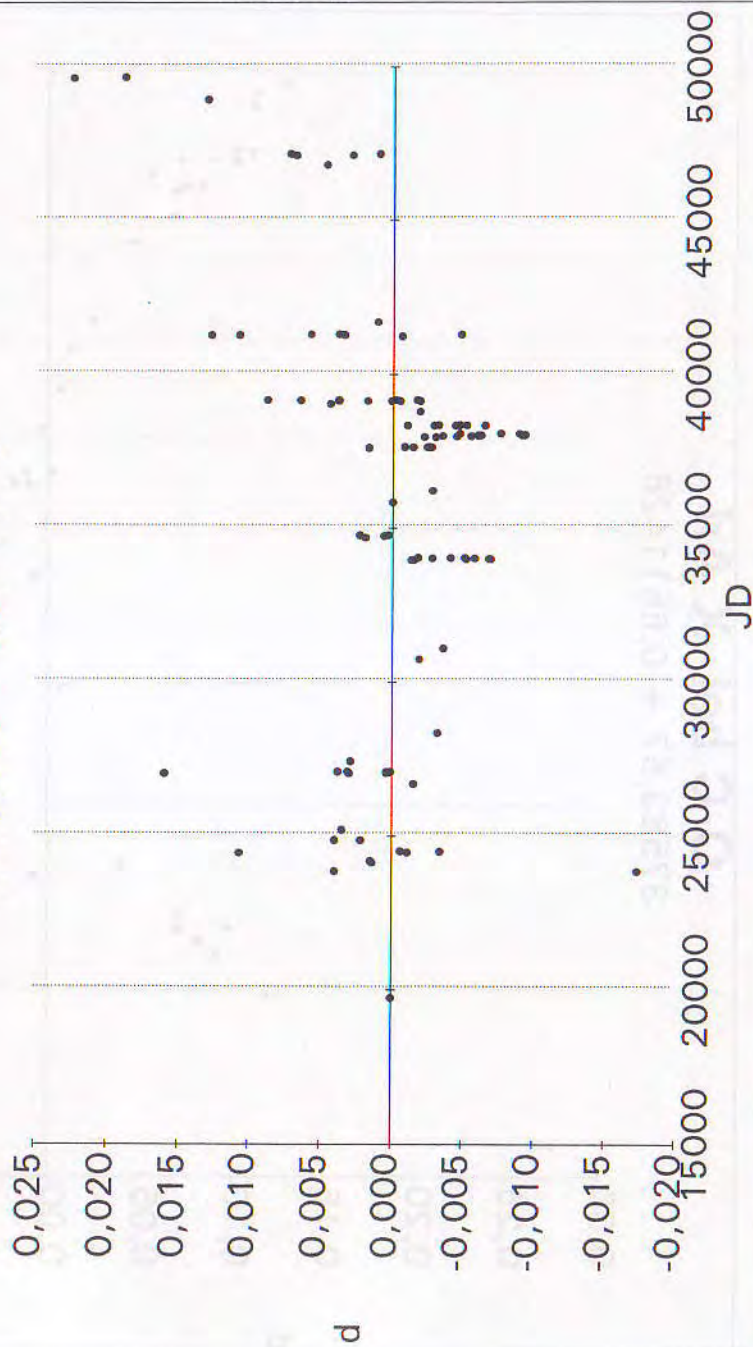


Abb. 6

O-C bei X Ari
 $37583,57 + 0,6511426$

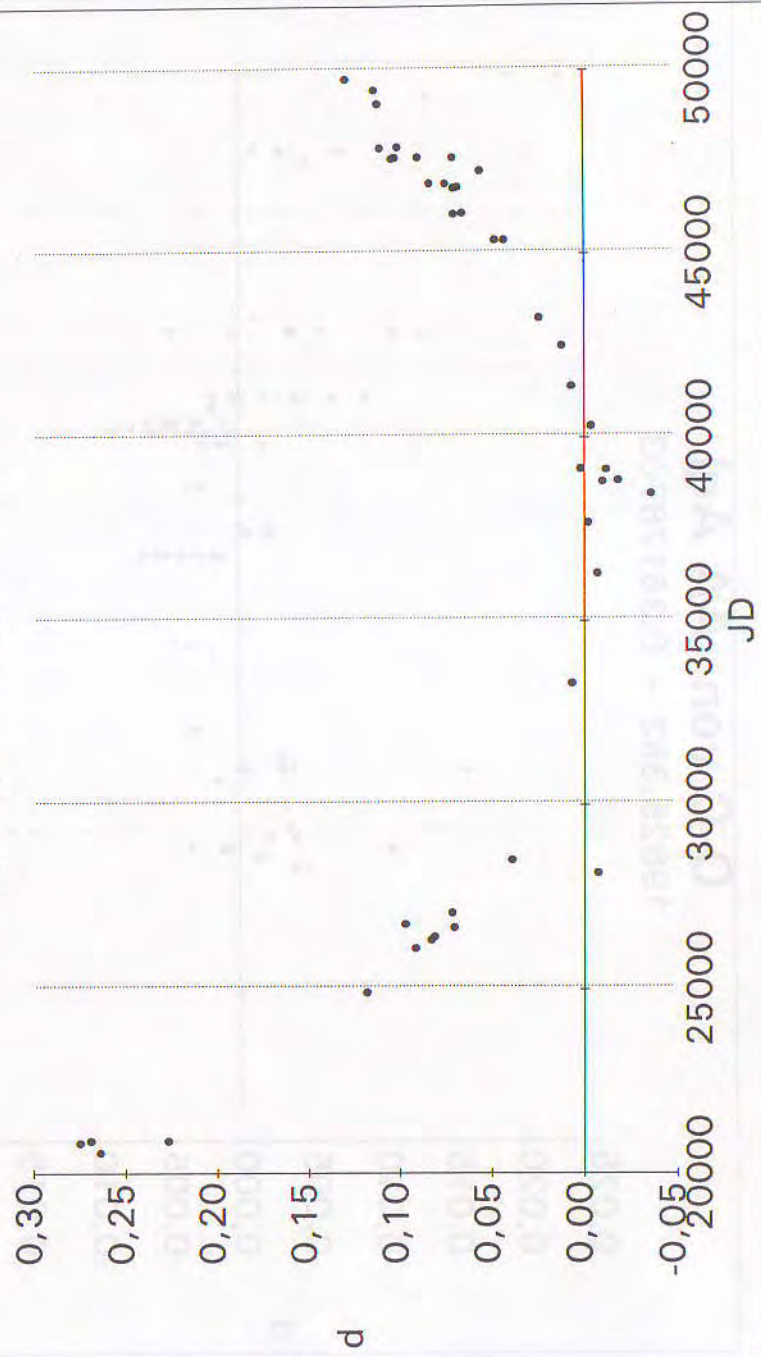


Abb. 7

O-C bei X Ari

$$38390,3162 + 0,65114447 + 4,25 * 10^{-10}$$

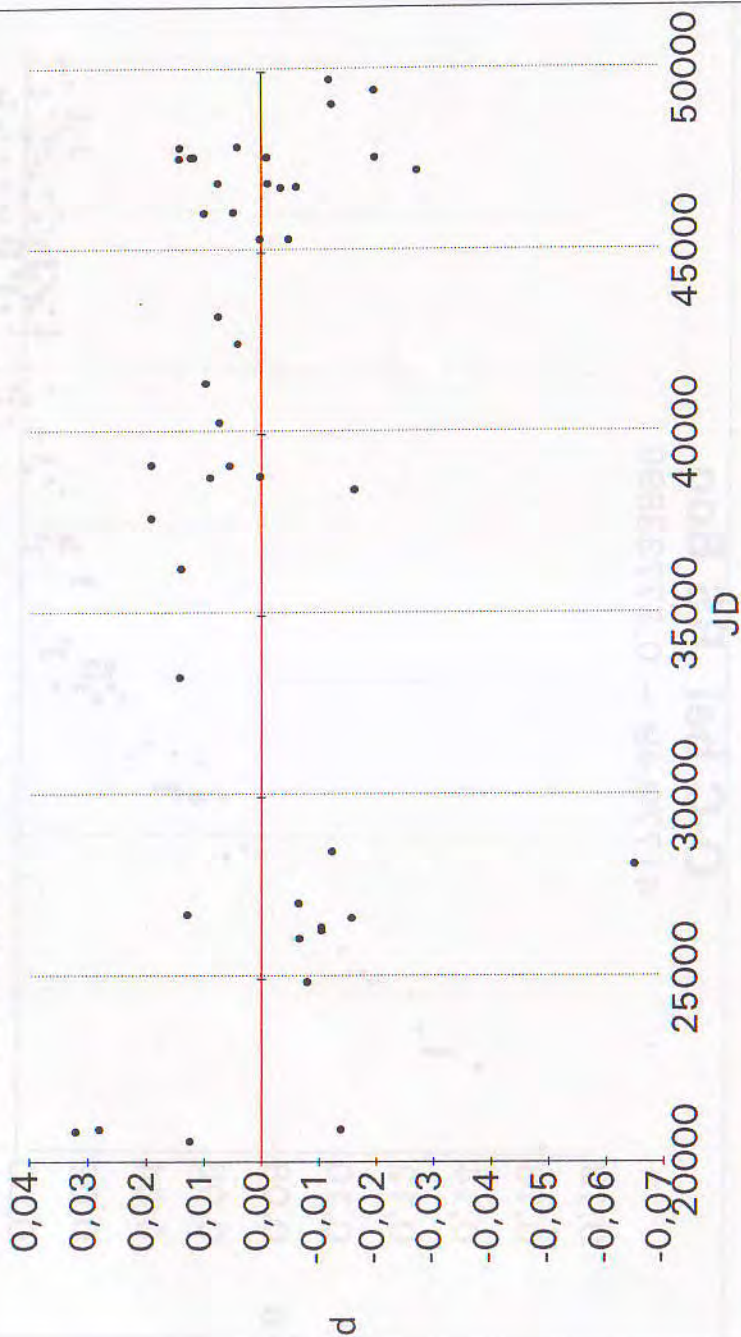


Abb. 8

O-C bei RS Boo

$$41770,49 + 0,37733896$$

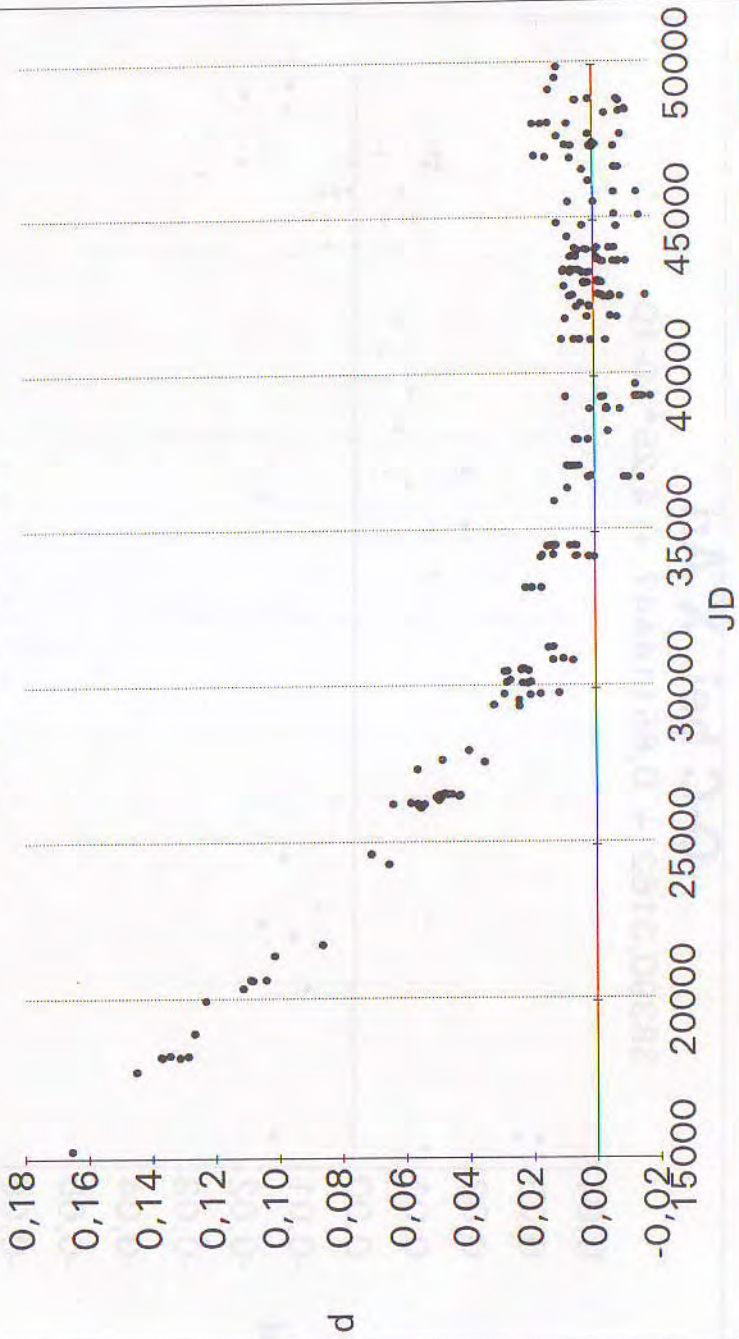


Abb. 9

O-C bei RS Boo

$$37617,87468 + 0,377338239 + 3,50 * 10^{-11}$$

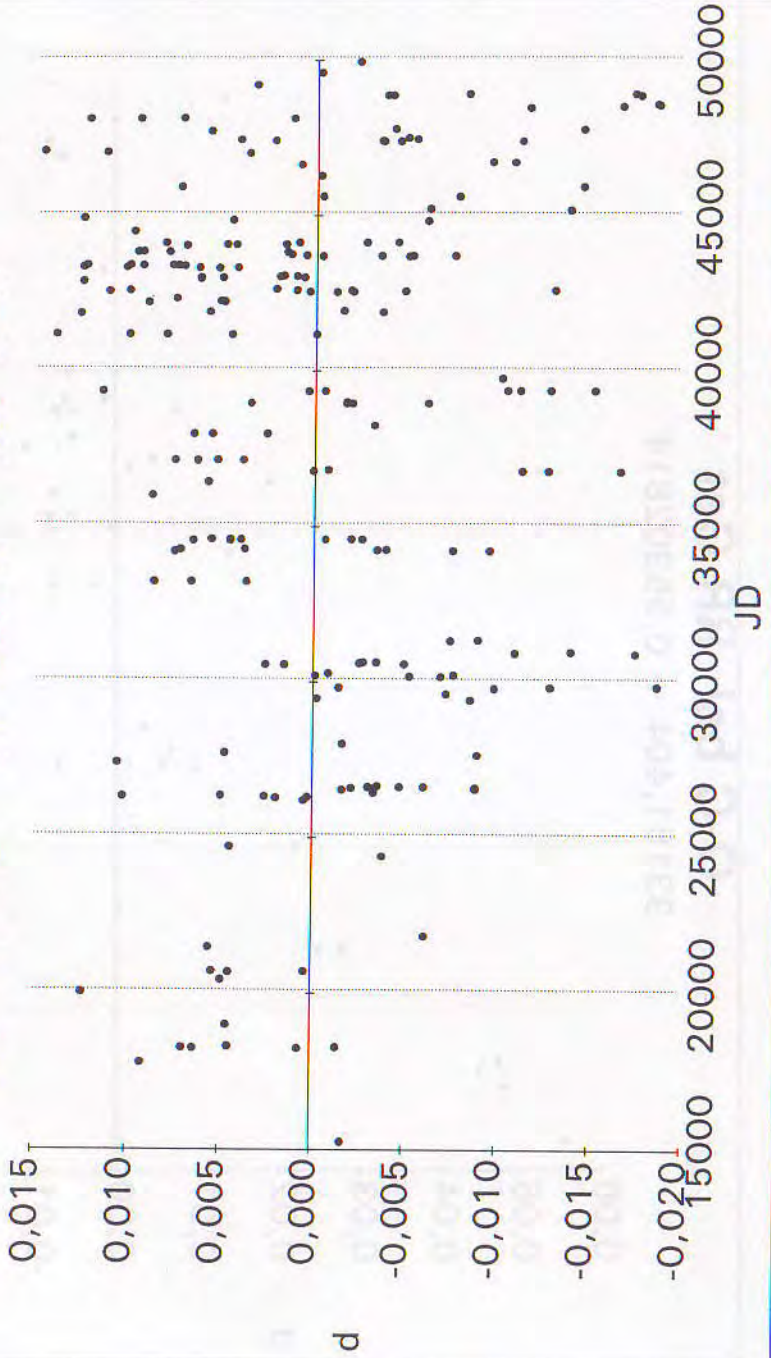
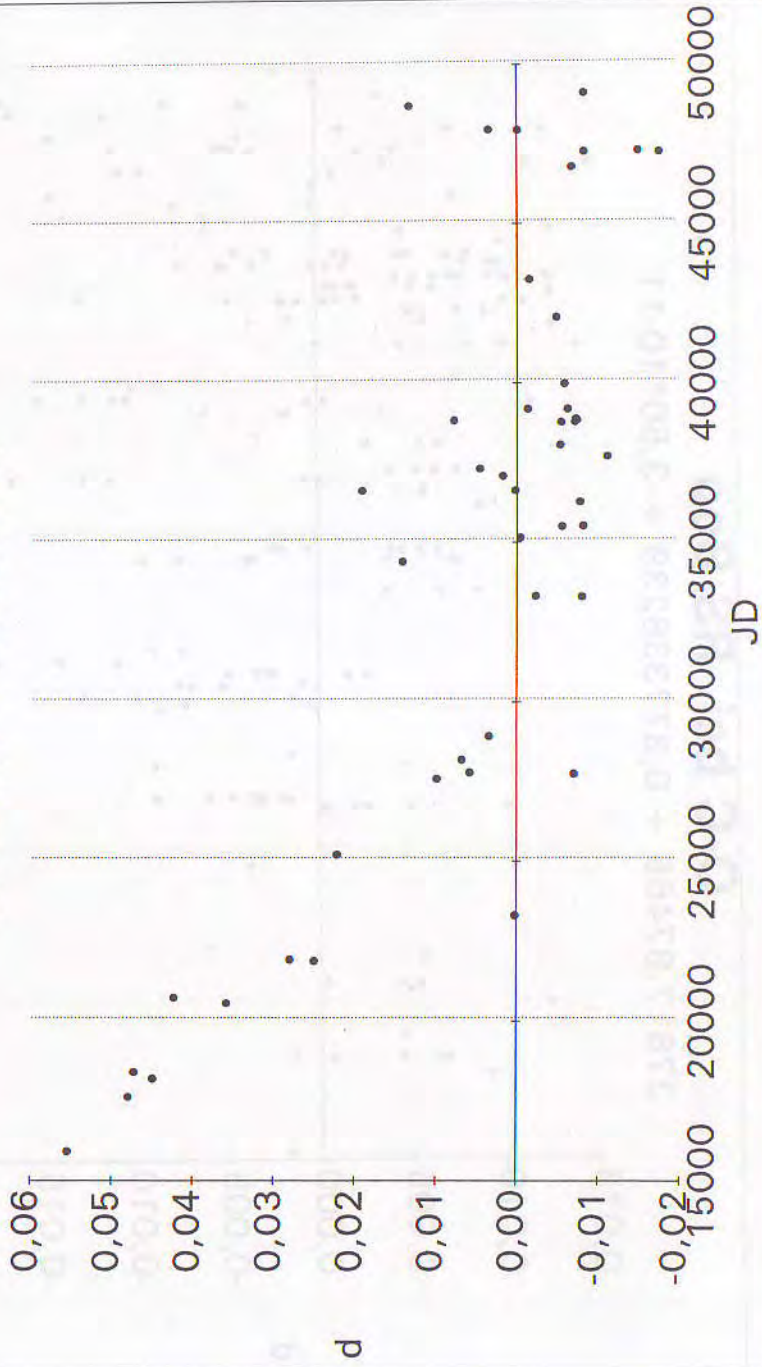


Abb. 10

O-C bei RR Cet

33181,404 + 0,55302814



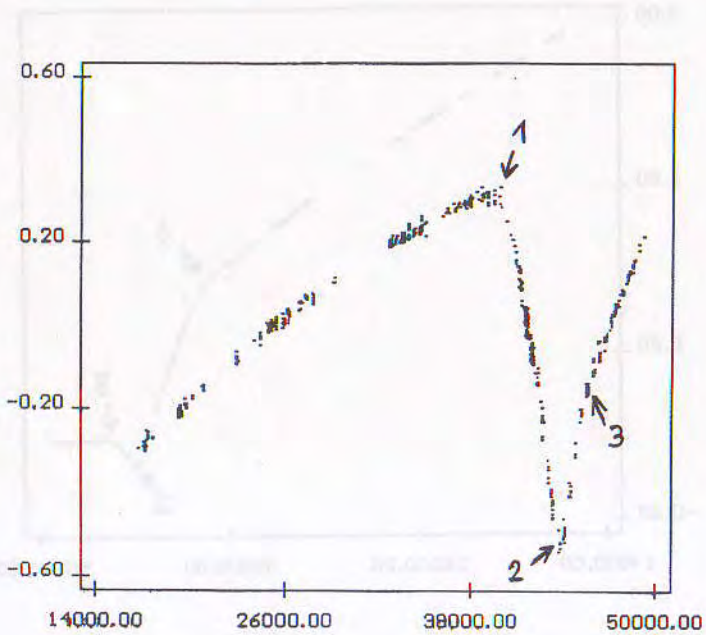


Abb. 11:

**O-C-Diagramm von XZ Cyg gegen eine mittlere Periode
(46648.618 + 0.46656997).**

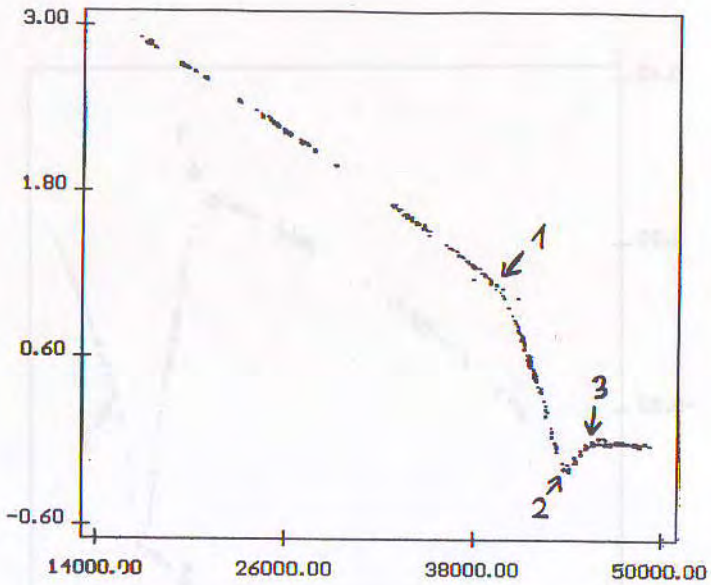


Abb. 12:
O-C-Diagramm von XZ Cyg gegen die Elemente von
Wunder (1987).

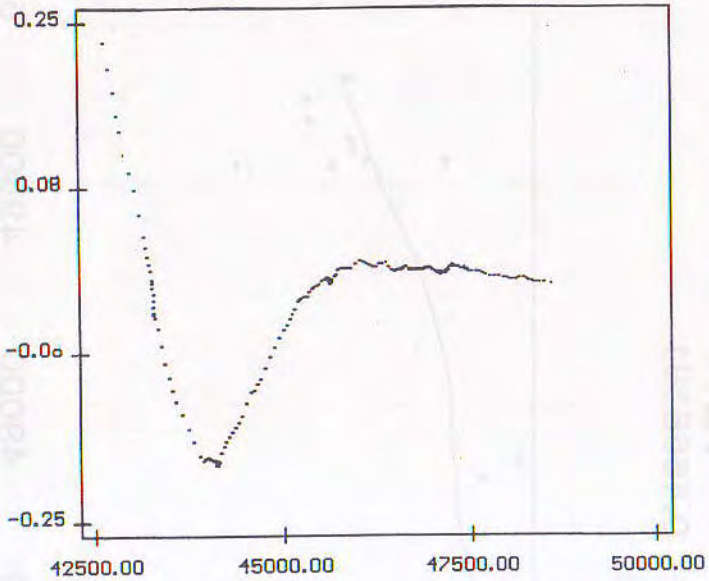


Abb. 13:
Der O-C-Verlauf von XZ Cyg seit Mitte der 70er Jahre.
Eingetragen sind nicht die Original-Datenpunkte, sondern
gleitende Mittel.

Abb. 14

O-C bei XZ Cygni

$$46648,5822 + 0,46666191$$

