©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

| Osnabrücker Naturw. Mitt. | 3 | S. 13-51 | 2 Tab., 113 Abb. | Osnabrück 1974 |
|---|---|---|---|---|

# B-R bei 103 langperiodisch Veränderlichen

mit 2 Tabellen und 113 Abbildungen

von Erwin Heiser[1]

**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

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

licht sind. Das ist bis zur Rektaszension $9^h54^m$ (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

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

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 And, 044617 V Tau, 065208 X Mon, 065355 R Lyn, 081617 V Cnc und 083350 X UMa. Aus Vereinfachungs- und Abkürzungsgründen werden sie als B–R Kurven vom Typ Y And 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 Aur 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 instantanen Elemente. 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

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

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 sinuously changing true periods."

Die übrigen Verdächtigen sind: W Cas (Min), S Cas, V Ori, T Lep, R R 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 $E_o$–$E_n$ 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 | |

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Die durchschnittliche Streuung aller bearbeiteten Sterne (außer R Aql und R Hya) 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,$^{m}$5 (M = 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.

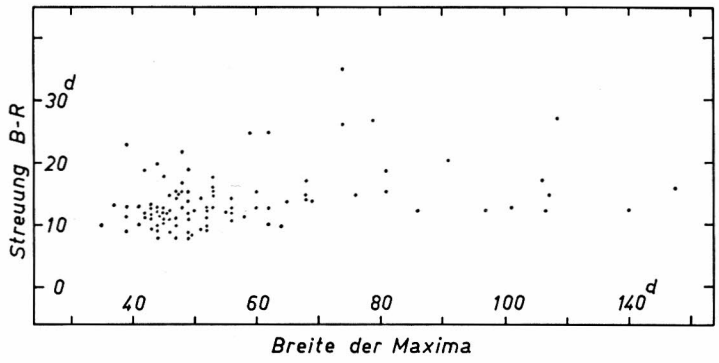



Abb. 1
Abhängigkeit der Streuung der B–R von der Breite der Maxima

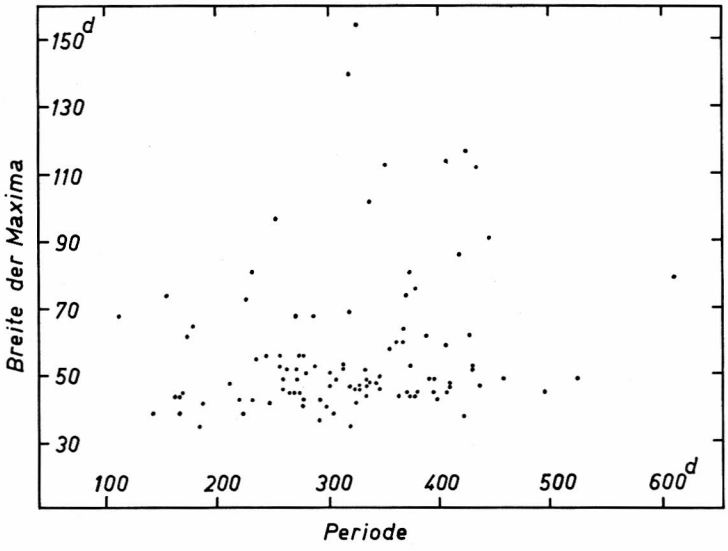



Abb. 2
Abhängigkeit der Breite der Maxima von der mittleren Periode

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

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.

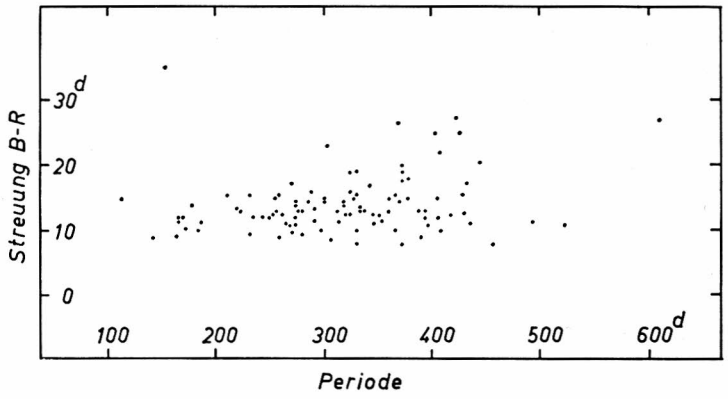



Abb. 3 Abhängigkeit der Streuung der B–R von der mittleren Periode

**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):

$\alpha$: Anstieg der Kurve merklich steiler als Abstieg. Minimum, von vereinzelten Ausnahmefällen abgesehen, stets breiter als Maximum.
Unterabteilungen:
$\alpha_1$: Kurven mit nahezu oder völlig konstanter Phase von beträchtlicher Dauer ($^1/_3$ bis $^1/_2$ der Periodenlänge) im Minimum und meist sehr steilem Helligkeitsanstieg.
$\alpha_2$: Das Minimum weist keine konstante Phase erheblicher Ausdehnung mehr auf, ist aber noch sehr breit. Anstieg meist sehr steil.
$\alpha_3$: Minimum nicht mehr so breit wie bei $\alpha_2$, Anstieg immer noch recht steil.

$\beta$: Anstieg nur noch ganz wenig oder überhaupt nicht mehr steiler als Abstieg. Lichtkurve im wesentlichen symmetrisch.
Unterabteilungen:
$\beta_1$: Maximum spitzer als Minimum.
$\beta_2$: Maximum ebenso spitz oder flach wie Minimum.
$\beta_3$: Maximum flacher als Minimum.
$\beta_4$: Das Maximum ist sehr breit und zeigt eine längere Zeit andauernde konstante Phase.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

$\gamma$: Lichtkurven mit Stufe oder Buckel im aufsteigenden Ast oder mit Doppelmaximum.
Unterabteilungen:
$\gamma_1$: Stufe oder Buckel im aufsteigenden Ast.
$\gamma_2$: 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 | J/D | Beispiel |
|---|---|---|---|---|---|
| $\alpha_1$ | 0,61 | 0,45 | 0,60 | 1,28 | UZ And |
| $\alpha_2$ | 0,64 | 0,58 | 0,73 | 1,27 | S Psc |
| $\alpha_3$ | 0,66 | 0,66 | 0,79 | 1,18 | RT Her |
| $\alpha_4$ | 0,73 | 0,82 | 0,88 | 1,17 | R Aql |
| $\beta_1$ | 0,96 | 0,78 | 0,86 | 1,08 | T And |
| $\beta_2$ | 1,01 | 0,98 | 0,98 | 0,99 | S Lac (symmetrische Kurve!) |
| $\beta_3$ | 0,99 | 1,44 | 1,35 | 1,05 | R CMi |
| $\beta_{3-4}$ | 1,34 | 1,41 | 1,26 | 0,81 | S Cep |
| $\gamma_1$ | 1,01 | 1,22 | 1,08 | 1,03 | – |
| $\gamma_2$ | 2,28 | 1,82 | 1,35 | 1,23 | nur R Cen |

Die Klasse $\gamma_1$ 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-Rundbrief 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

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Periode von STERNE und CAMPBELL als ziemlich sicher, und S Her, 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 Aur, S Boo, den anderen Sternen der Tab. 1 und noch einigen anderen ist. Die durchschnittliche Streuung der B–R in Tab. 1 beträgt 11,$^{d}$3, d. h. ist niedriger als der Schnitt aus Tab. 2 von 14,$^{d}$2. 24 B–R vom Typ Y And weisen dagegen eine mittlere Streuung von 14,$^{d}$0 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,$^{d}$5, bei den 25 besten R Aur-Typen 327,$^{d}$4. Bei 24 der ausgeprägtesten Y And-Typen ist sie jedoch nur 264,$^{d}$8. 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,$^{d}$3
Mittel der mittleren Perioden: 354,$^{d}$5
Das Zeichen : bedeutet unsicher, auch in Tab. 2

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Tabelle 2

| Harv.Nr. | | Stern | Rechenepochen | | Beob. Nullep. | Typ | A/D | M/m | x/y | I/D | Breite Max. | Streu-ung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 001046 | X | And | 2436852 ± | 346d,02 | 2415743 | $\alpha_3$ | 0,59 | 0,60 | 0,79 | 1,25 | 50d | 12d,5 |
| 001726 | T | And | 2437573 | 280,19 | 2412074 | $\beta_1$ | 0,97 | 0,76 | 0,86 | 1,17 | 51 | 9,4 |
| 001755 | T | Cas | 2437886 | 445,00 | 2404570 | $\gamma_{1-2}$ | 1,35 | 1,56 | 1,22 | 1,08 | 91 | 20,6: |
| 001838 | R | And | 2439011 | 408,97 | 2400181 | $\alpha_3$ | 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 | $\alpha_3$ | 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 | $\beta$ | 0,97 | 1,00 | 1,03 | 1,03 | 49 | 15,5 |
| 004533 | RR | And | 2437493 | 328,26 | 2415494 | $\beta_1$ | 1,00 | 0,86 | 1,00 | 1,00 | 46 | 14,8 |
| 004746a | RV | Cas | 2438983 | 331,20 | 2417447 | $\alpha_3$ | 0,65 | 0,66 | 0,78 | 1,23 | 47 | 15,5 |
| 004958 | W | Cas | 2438909 | 405,17 | 2412980 | $\beta_3$ | 0,94 | 1,31 | 1,39 | 1,00 | 114 | 15,0 |
| 010102 | Z | Cet | 2438902 | 184,81 | 2416730 | $\beta$ | 0,96 | 0,82 | 0,92 | 1,01 | 35 | 10,2 |
| 010940 | U | And | 2435750 | 347,26 | 2413186 | $\alpha_1$ | 0,74 | 0,52 | 0,65 | 1,24 | 46 | 11,2 |
| 011041 | UZ | And | 2434493 | 314,36 | 2419410 | $\alpha_1$ | 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 | $\alpha_3$ | 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 | $\alpha_4$ | 0,74 | 0,76 | 0,86 | 1,09 | 43 | 13,5 |
| 014958 | X | Cas | 2434991 | 423,00 | 2413477 | $\beta_2$ | 1,12 | 0,74 | 0,78 | 0,96 | 117 | 27,3: |
| 015254 | U | Per | 2438334 | 320,52 | 2411986 | $\alpha$ | 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 | $\beta_3$ | 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 | $\alpha_3$ | 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 | $\alpha_1$ | 0,70 | 0,49 | 0,62 | 1,25 | 49 | 9,0 |
| 022813 | U | Cet | 2438144 | 234,67 | 2410237 | $\alpha_4$ | 0,78 | 1,28 | 1,17 | 1,07 | 55 | 12,2 |
| 023133 | R | Tri | 2438005 | 266,40 | 2412168 | $\beta_2$ | 0,78 | 0,90 | 0,83 | 1,03 | 45 | 11,1 |
| 030514 | U | Ari | 2437635 | 371,11 | 2412407 | $\alpha_2$ | 0,58 | 0,53 | 0,67 | 1,19 | 45 | 14,5 |
| 031401 | X | Cet | 2438611 | 177,31 | 2413964 | $\beta_3$ | 1,03 | 1,60 | 1,50 | 0,96 | 65 | 14,1 |
| 032043 | Y | Per | 2437977 | 252,27 | 2415490 | $\beta_2$ | 1,35 | 1,63 | 1,29 | 0,95 | 97 | 12,4 |
| 032335 | R | Per | 2437596 | 210,00 | 2401065 | $\beta$ | 1,13 | 1,11 | 1,13 | 1,00 | 48 | 15,5 |
| 042209 | R | Tau | 2434660 | 324,34 | 2398654 | $\alpha_2$ | 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 | $\gamma_1$ | 1,29 | 1,82 | 1,40 | 1,15 | 81 | 18,9 |
| 043208 | RX | Tau | 2434569 | 335,06 | 2417155 | $\alpha_4$ | 0,78 | 0,48 | 0,65 | 1,00 | 48 | 13,1 |
| 043274 | X | Cam | 2437921 | 143,49 | 2416406 | $\beta_3$ | 1,00 | 0,97 | 1,21 | 1,33 | 39 | 8,9 |
| 044617 | V | Tau | 2437819 | 169,80 | 2404554 | $\beta_2$ | 1,00 | 1,16 | 1,18 | 1,00 | 45 | 12,1 |
| 045307 | R | Ori | 2438740 | 378,02 | 2395637 | $\beta$ | 0,80 | 0,92 | 1,35 | 1,09 | 76 | 14,9: |
| 045514 | R | Lep | 2437800 | 432,47 | 2398883 | $\beta_2$ | 0,94 | 1,12 | 1,13 | 0,88 | 112 | 17,3 |
| 050003 | V | Ori | 2438820 | 267,71 | 2412846 | $\beta$ | 1,16 | 0,70 | 0,77 | 1,12 | 45 | 10,7 |
| 050022 | T | Lep | 2434887 | 368,13 | 2411368 | $\beta_1$ | 0,83 | 0,81 | 0,67 | 1,13 | 64 | 10,1 |

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Tabelle 2 (Fortsetzung)

| Harv.Nr. | | Stern | Rechenepochen | | Beob. Nullep. | Typ | A/ | M/m | x/y | I/D | Breite Max. | Streu-ung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 050953 | R | Aur | 2437212 | 458,37 | 2401456 | $\gamma_1$ | 1,28 | 1,03 | 0,96 | 0,72 | 49 | 8,0 |
| 052036 | W | Aur | 2436871 | 274,01 | 2414648 | $\alpha_3$ | 0,55 | 0,66 | 0,75 | 1,10 | 56 | 10,8 |
| 052404 | S | Ori | 2438062 | 419,20 | 2404526 | $\gamma_1$ | 1,26 | 1,50 | 1,16 | 0,71 | 86 | 12,4 |
| 053068 | S | Cam | 2434800 | 326,40 | 2412607 | $\beta_{3-4}$ | 1,68 | 1,62 | 1,18 | 1,15 | 155 | 16,0 |
| 053531 | U | Aur | 2438702 | 408,40 | 2412559 | $\alpha_1$ | 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 | $\alpha_1$ | 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 | $\beta_3$ | 1,20 | 1,46 | 1,30 | 1,00 | 44 | 9,2 |
| 061647 | V | Aur | 2437810 | 352,84 | 2412728 | $\beta_2$ | 1,08 | 0,95 | 1,00 | 0,82 | 113 | 12,3 |
| 061703 | V | Mon | 2436581 | 334,07 | 2409521 | $\beta_1$ | 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 | $\alpha_1$ | 0,53 | 0,47 | 0,65 | 1,04 | 41 | 10,2 |
| 064030 | X | Gem | 2436870 | 263,26 | 2414257 | $\beta_2$ | 0,97 | 0,80 | 0,83 | 1,06 | 52 | 12,5 |
| 065111 | Y | Mon | 2434483 | 230,90 | 2415790 | $\beta$ | 0,91 | 0,75 | 0,84 | 0,97 | 43 | 9,4 |
| 065208 | X | Mon | 2434680 | 155,70 | 2413968 | $\beta_3$ | 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 | $\alpha_3$ | 0,54 | 0,50 | 0,59 | 1,17 | 60 | 15,5 |
| 070122a | R | Gem | 2438124 | 369,63 | 2398575 | $\alpha_4$ | 0,55 | 1,02 | 1,06 | 1,36 | 74 | 26,4 |
| 070310 | R | CMi | 2436270 | 337,91 | 2400120 | $\beta_3$ | 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 | $\alpha_3$ | 0,91 | 0,94 | 1,04 | 1,04 | 56 | 14,4 |
| 072708 | S | CMi | 2434844 | 332,20 | 2399300 | $\beta_1$ | 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 | $\alpha_2$ | 0,70 | 0,55 | 0,72 | 1,22 | 43 | 11,6 |
| 074323 | T | Gem | 2438072 | 287,66 | 2397534 | $\beta$ | 1,07 | 1,33 | 1,29 | 1,07 | 68 | 14,6 |
| 081112 | R | Cnc | 2438093 | 361,69 | 2397606 | $\beta_1$ | 0,77 | 0,58 | 0,74 | 1,21 | 44 | 15,2 |
| 081617 | V | Cnc | 2438045 | 272,17 | 2404565 | $\alpha_4$ | 0,97 | 1,24 | 1,13 | 1,12 | 49 | 14,2 |
| 083019 | U | Cnc | 2434557 | 304,99 | 2397959 | $\alpha_1$ | 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 | $\beta$ | 0,88 | 1,00 | 1,09 | 1,03 | 53 | 15,0 |
| 085008 | T | Hya | 2438396 | 288,32 | 2399460 | $\beta$ | 1,10 | 1,21 | 1,04 | 0,92 | 53 | 15,9 |
| 090425 | W | Cnc | 2434854 | 393,26 | 2412833 | $\alpha_2$ | 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 | $\alpha_1$ | 0,70 | 0,47 | 0,64 | 1,21 | 46 | 12,4 |
| 093934 | R | LMi | 2438405 | 372,28 | 2401922 | $\alpha_4$ | 0,70 | 0,71 | 0,85 | 1,35 | 53 | 17,7 |
| 094211 | R | Leo | 2437339 | 312,57 | 2378577 | $\alpha_4$ | 0,57 | 0,75 | 0,90 | 1,14 | 53 | 12,9 |
| 095421 | V | Leo | 2435875 | 273,42 | 2411834 | $\alpha_2$ | 0,62 | 0,45 | 0,63 | 1,20 | 45 | 12,1 |
| 103769 | R | UMa | 2438386 | 301,84 | 2398239 | $\alpha_3$ | 0,65 | 0,78 | 0,79 | 1,20 | 51 | 14,4 |
| 123160 | T | UMa | 2438970 | 256,70 | 2400720 | $\alpha_3$ | 0,69 | 0,93 | 0,93 | 1,18 | 56 | 13,0 |
| 123459 | RS | UMa | 2437730 | 259,60 | 2416950 | $\alpha_3$ | 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 | $\beta_1$ | 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 | $\beta_3$ | 1,04 | 1,67 | 2,17 | 1,15 | 68 | 17,2 |

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Tabelle 2 (Fortsetzung)

| Harv.Nr. | | Stern | Rechenepochen | | Beob. Nullep. | Typ | A/D | M/m | x/y | l/D | Breite Max. | Streu-ung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 143227 | R | Boo | 2438270 | 223,46 | 2399832 | $\beta_1$ | 0,97 | 0,92 | 1,11 | 1,03 | 39 | 13,1 |
| 151731 | S | CrB | 2437771 | 360,38 | 2400647 | $\alpha_3$ | 0,50 | 0,78 | 0,87 | 1,07 | 60 | 13,0 |
| 163266 | R | Dra | 2438143 | 245,56 | 2406715 | $\alpha_4$ | 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 | $\beta_3$ | 0,87 | 1,21 | 1,20 | 1,03 | 39 | 11,6 |
| 190108 | R | Aql | 2429652 | 318,00 | 2399169 | $\alpha_4$ | 0,72 | 0,80 | 0,88 | 1,13 | 35 | – |
| 193449 | R | Cyg | 2437752 | 426,35 | 2398112 | $\alpha_4$ | 0,55 | 0,73 | 0,85 | 1,27 | 62 | 25,2 |
| 194632 | Chi | Cyg | 2438037 | 406,84 | 2337151 | $\gamma_1$ | 0,72 | 0,76 | 0,86 | 1,12 | 45 | 12,0: |
| 210868 | T | Cep | 2439492 | 387,79 | 2407694 | $\gamma_1$ | 1,25 | 0,91 | 0,90 | 0,91 | 62 | 12,9 |
| 235350 | R | Cas | 2437630 | 430,97 | 2398399 | $\alpha_4$ | 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.

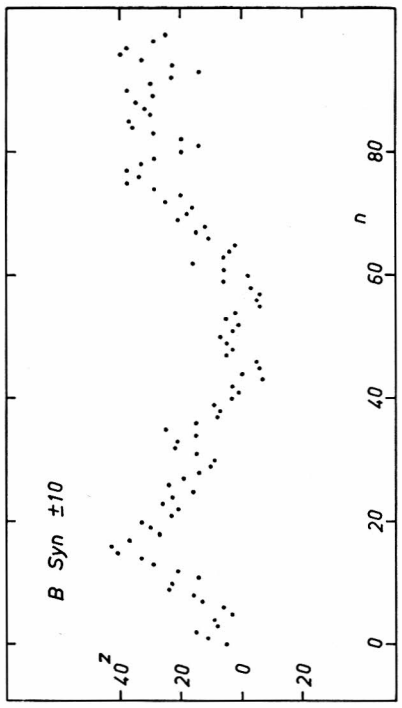
LUDENDORFF, H. (1928): Handbuch der Astrophysik. Bd. **VI**, Teil 2, Berlin.

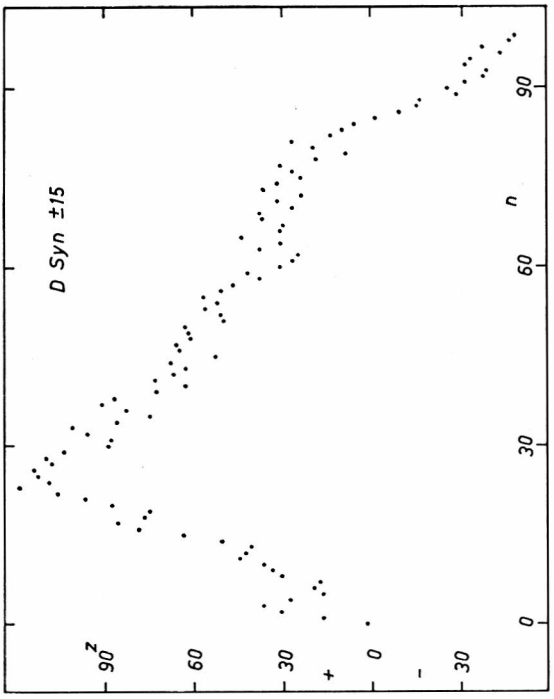
MÜLLER, G., HARTWIG, E. (1918): Geschichte und Literatur des Lichtwechsels. – Leipzig.

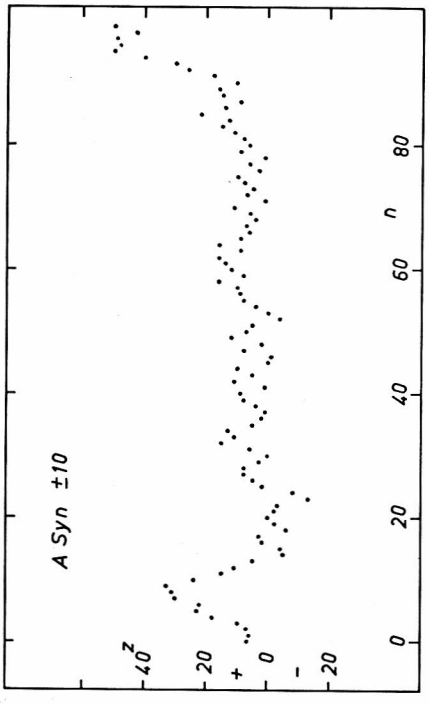
ROSENBERG, H. (1906): Der Veränderliche Chi Cygni. – Nova Acta, Band **85**, Nr. 2, Halle.

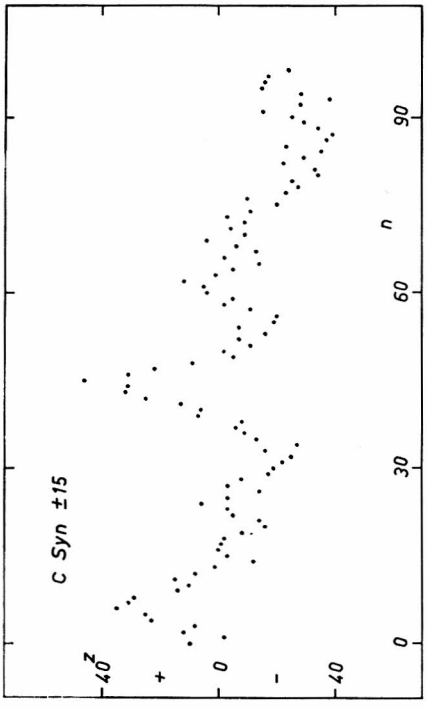
STERNE, T. E., CAMPBELL, L. (1936): Changes of Period in Long Period Variables. – Harvard Annals, Tercentenary Papers No. 24.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.



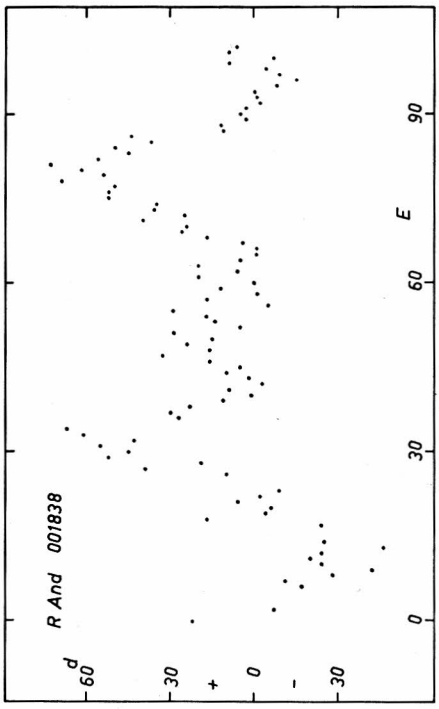



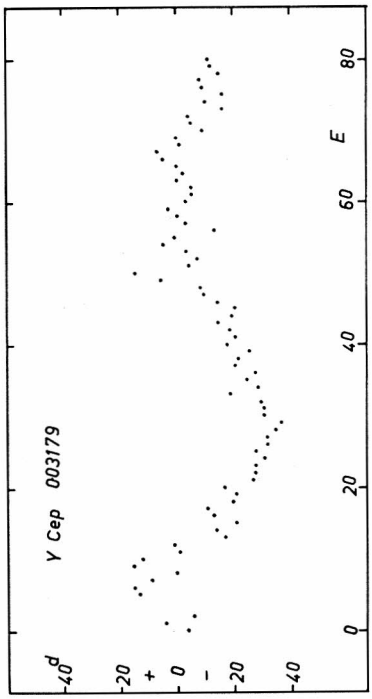



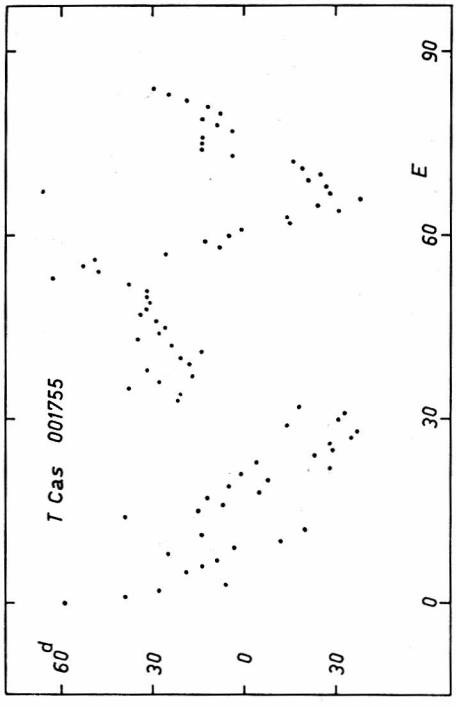



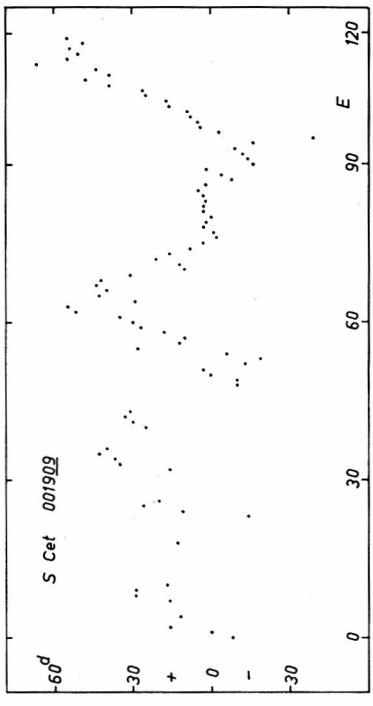
©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

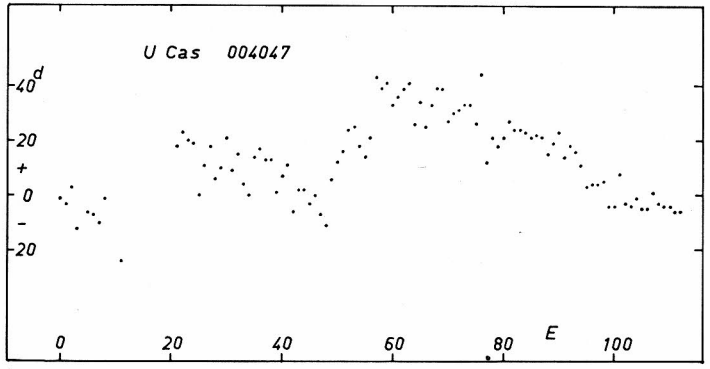


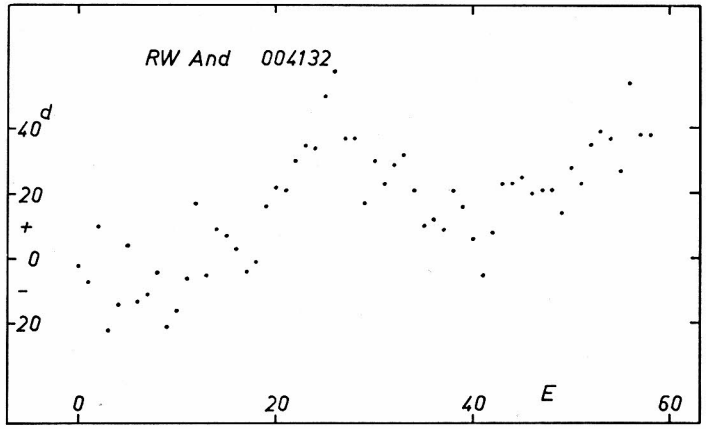



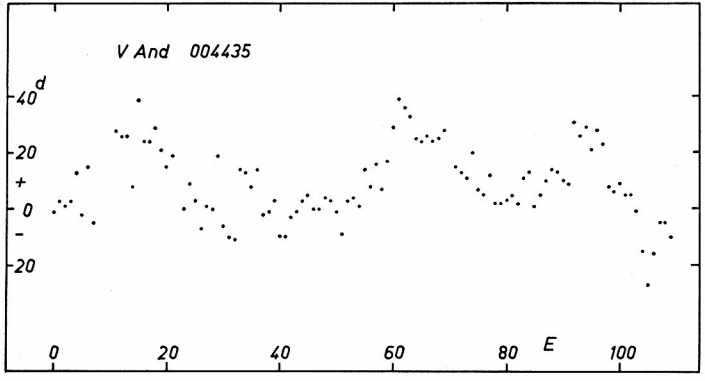



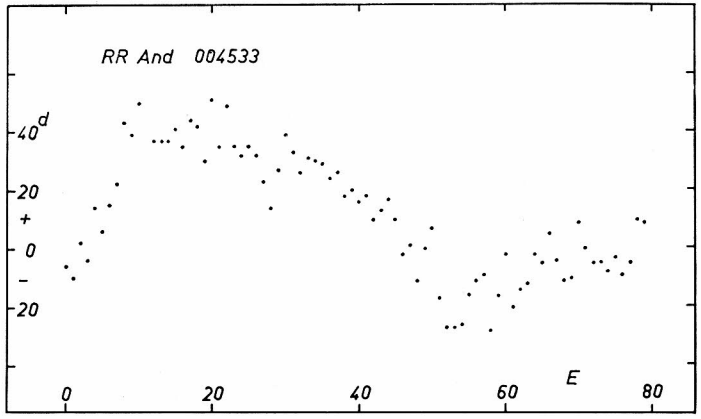



©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

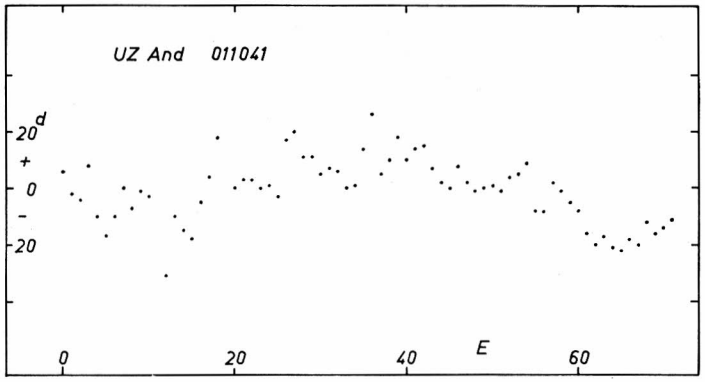


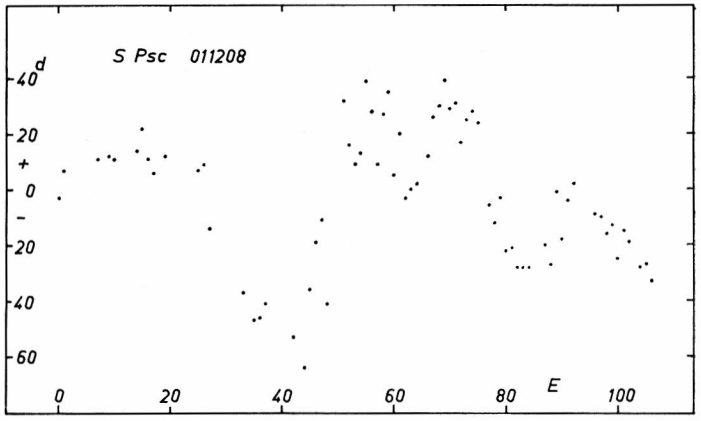



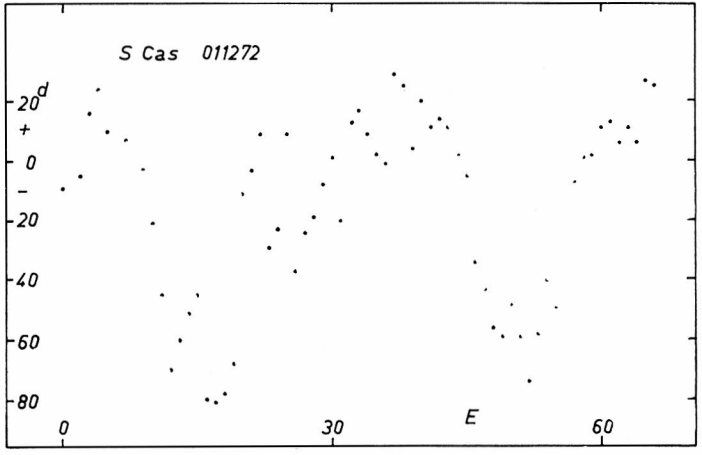



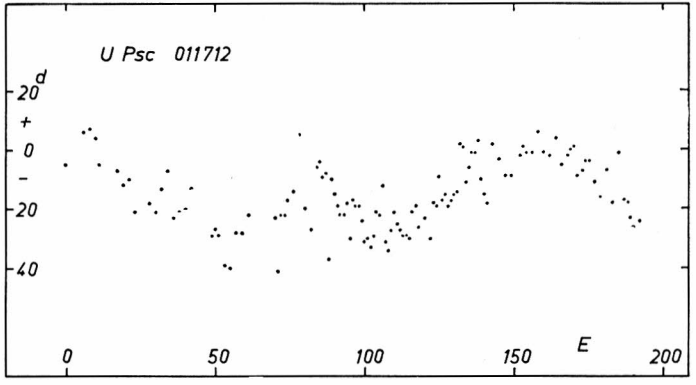



©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.



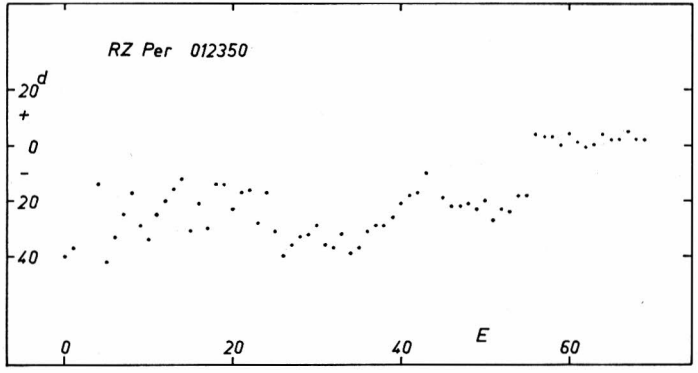



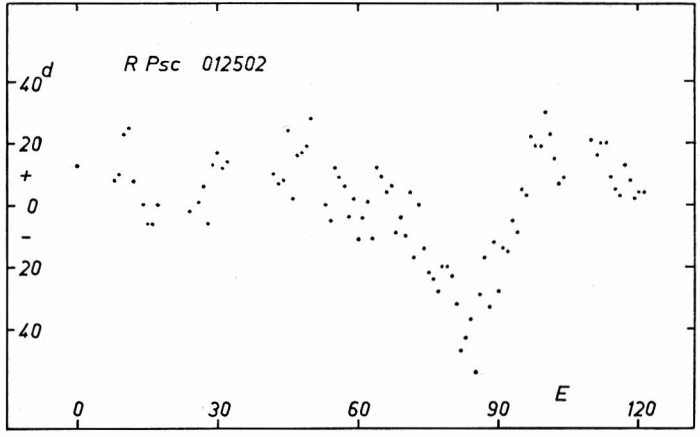


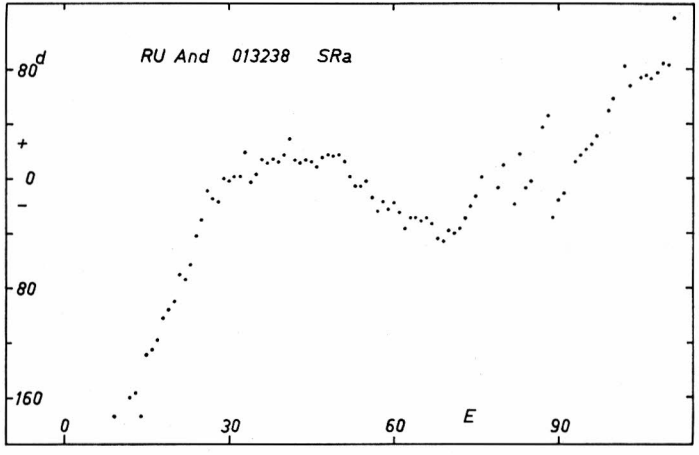

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

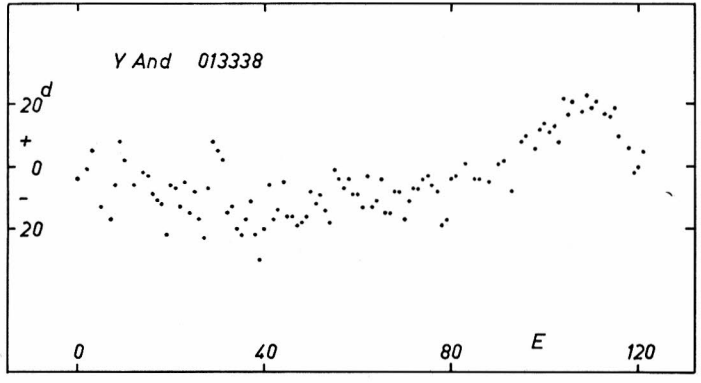
©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

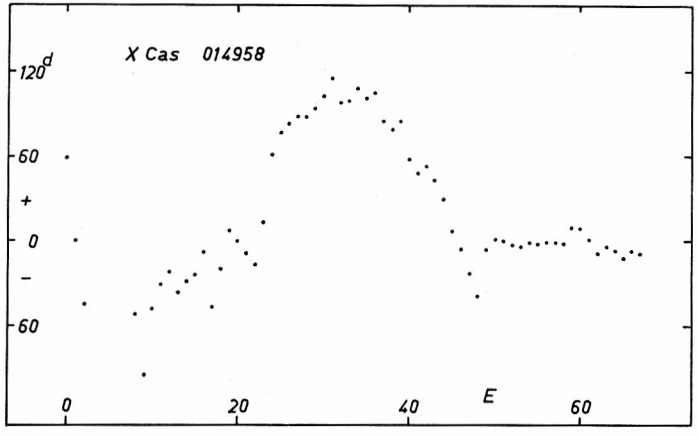


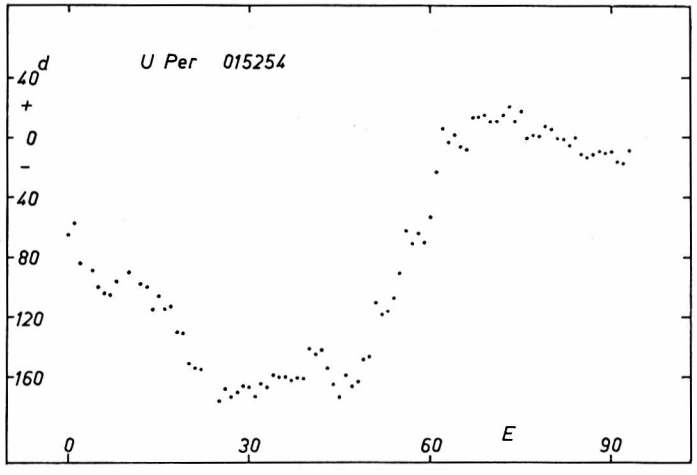


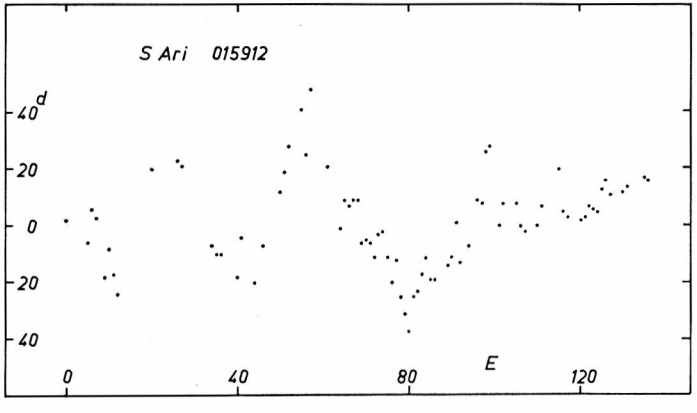



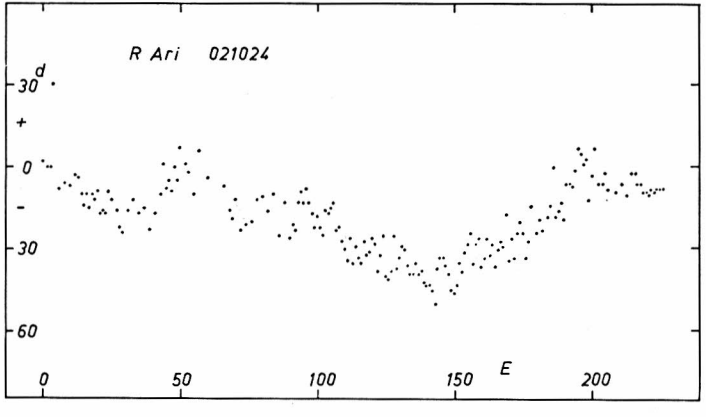





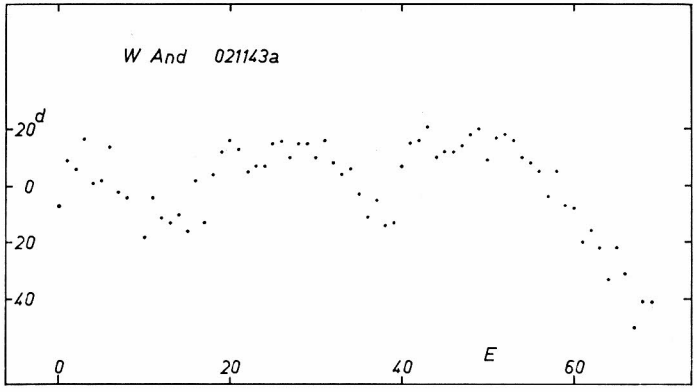



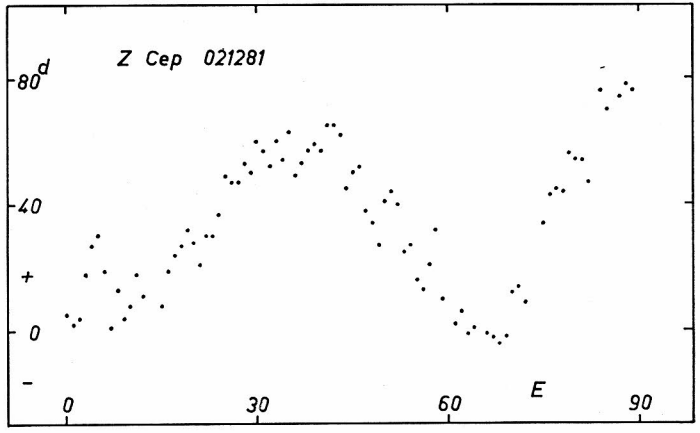


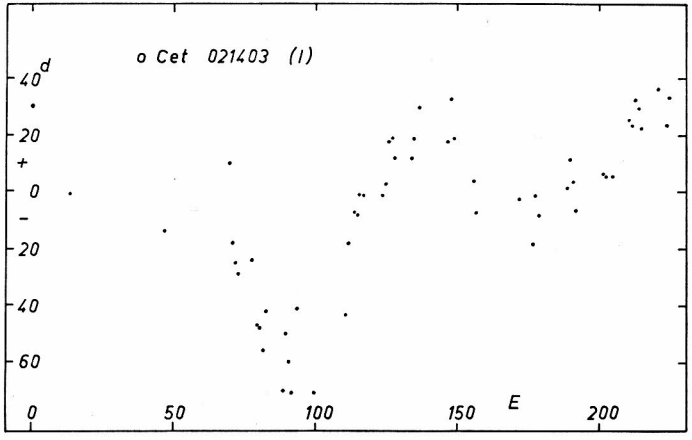

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

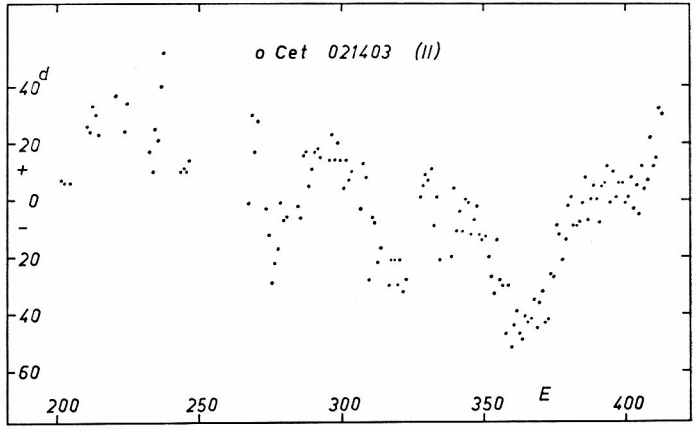
©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.



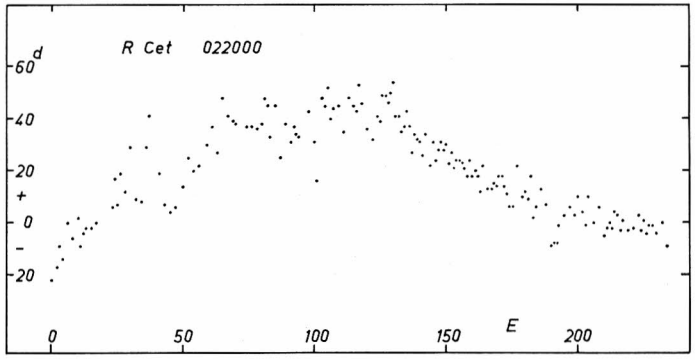


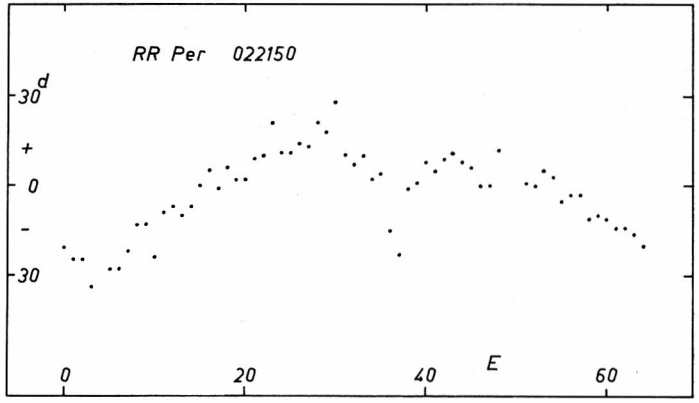



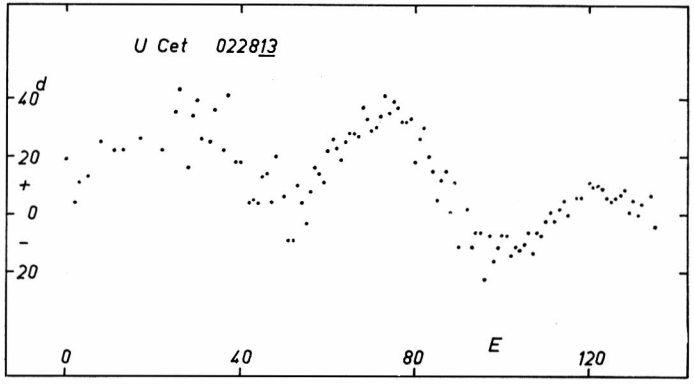



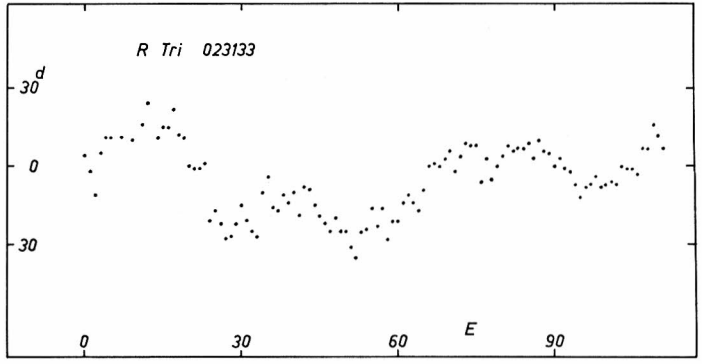



©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

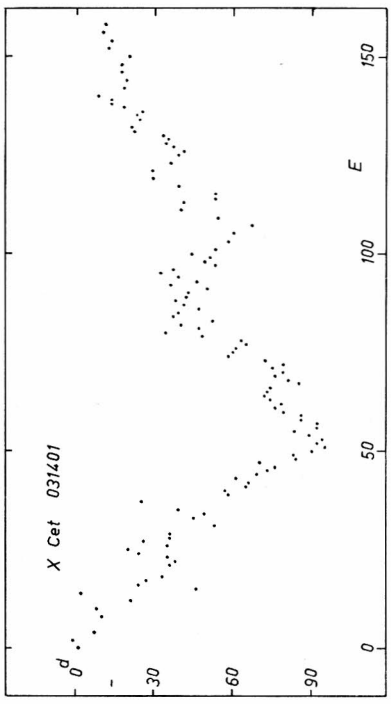


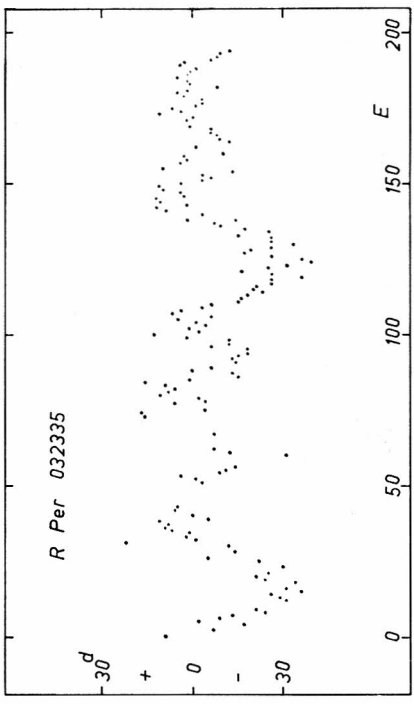



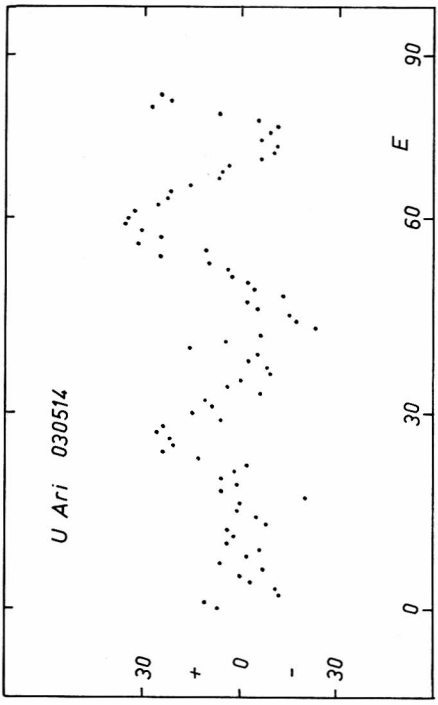



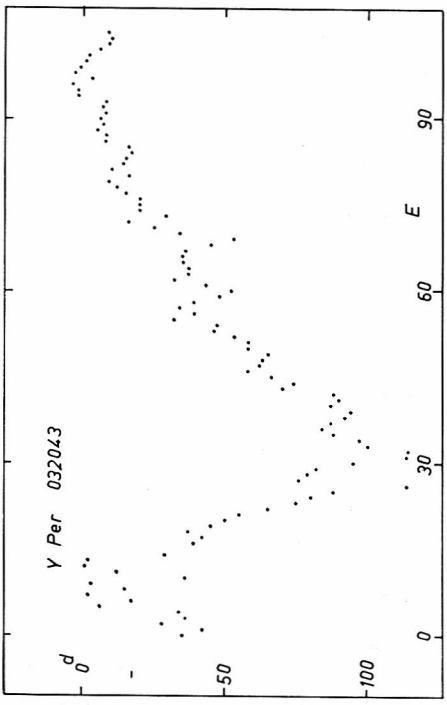



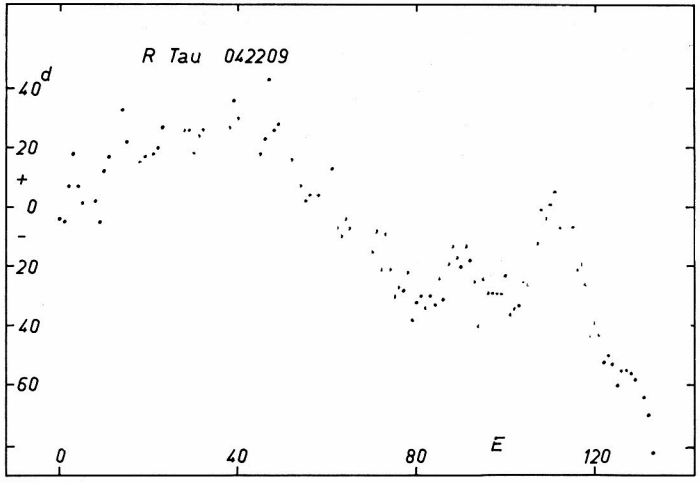
©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

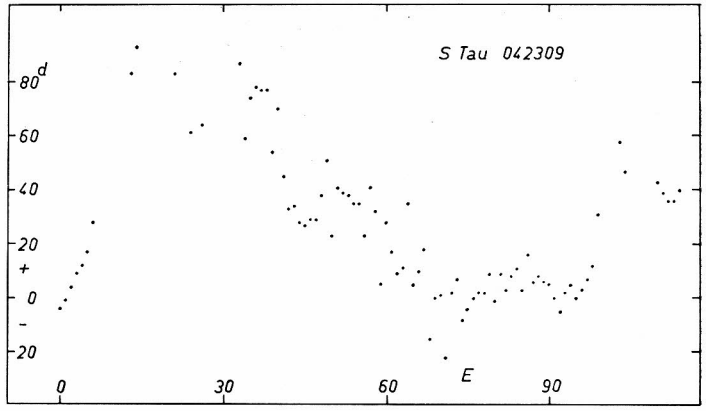


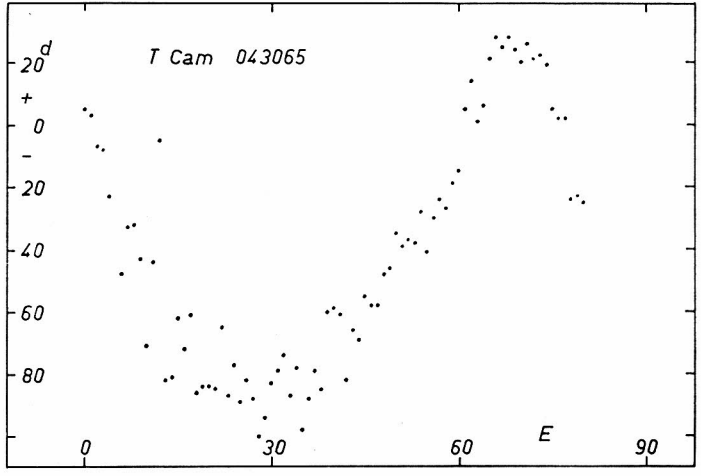



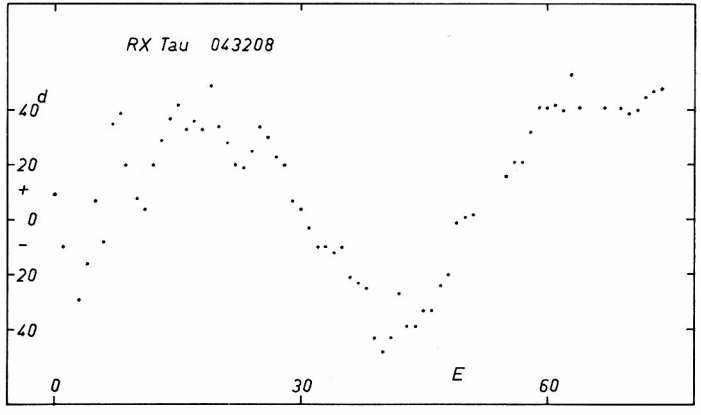





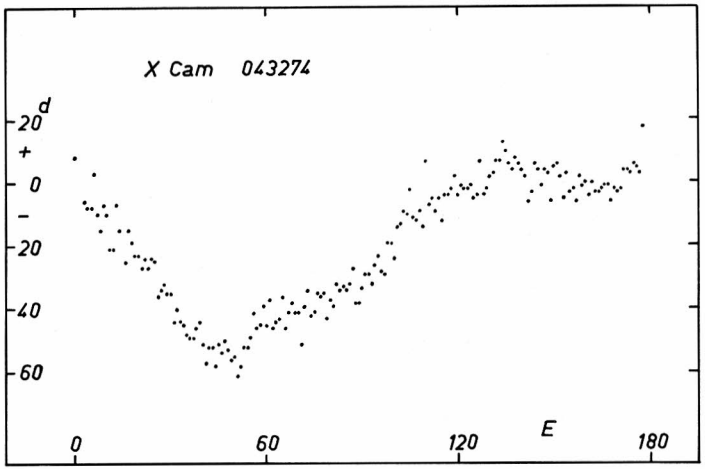



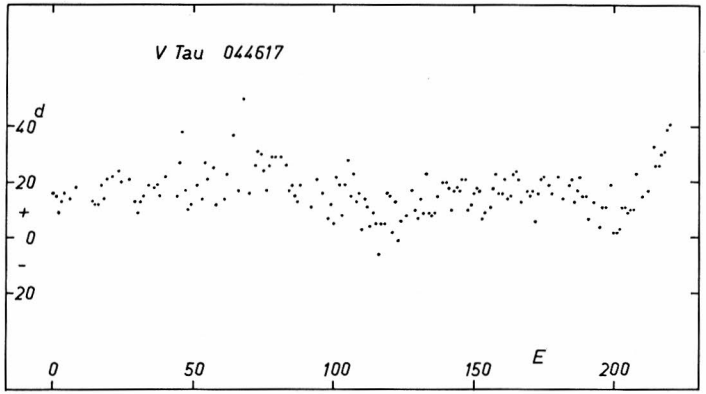



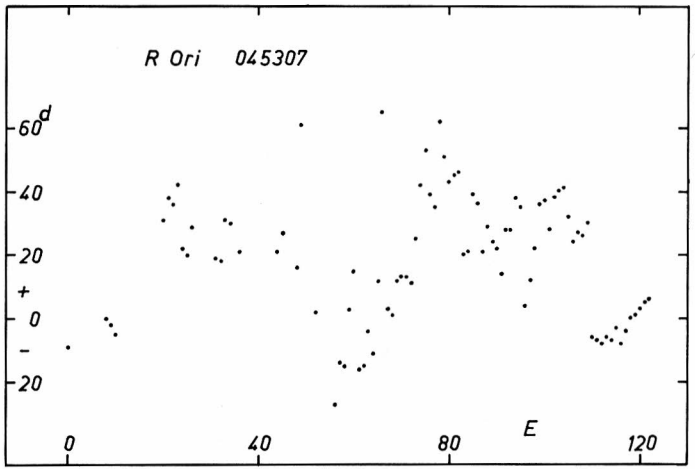



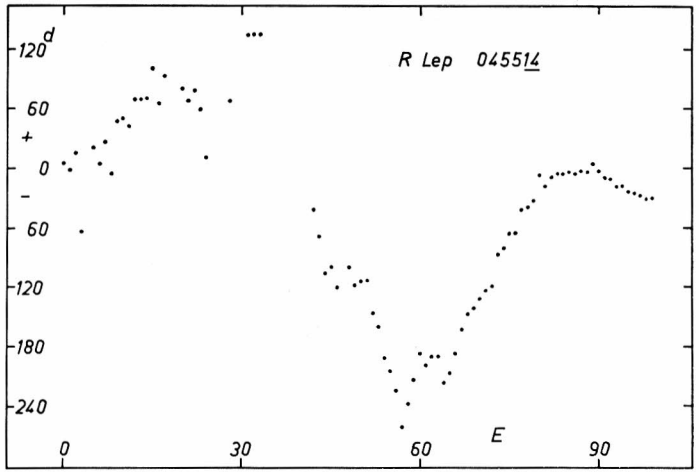



©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.



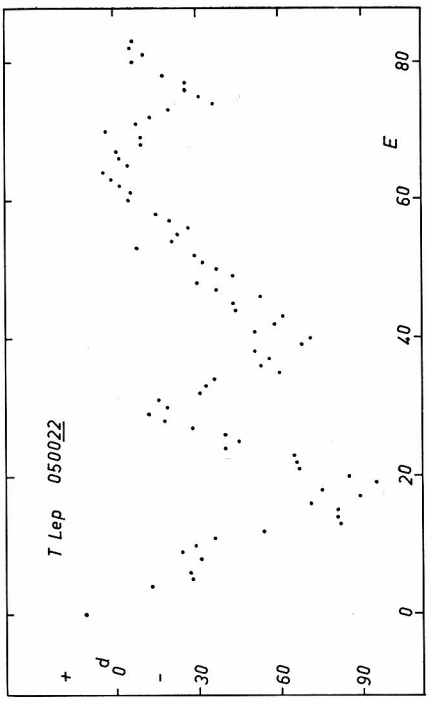



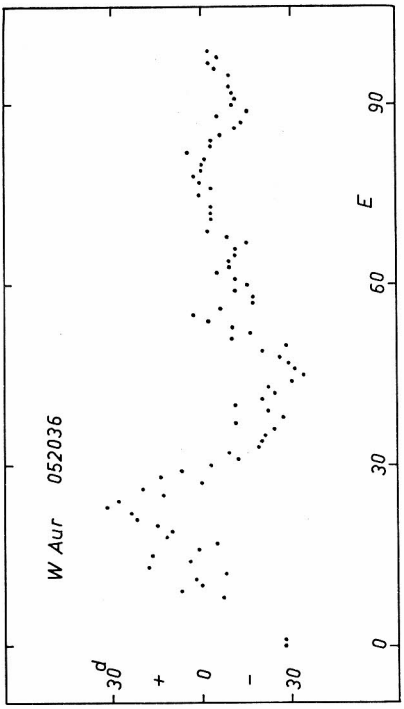



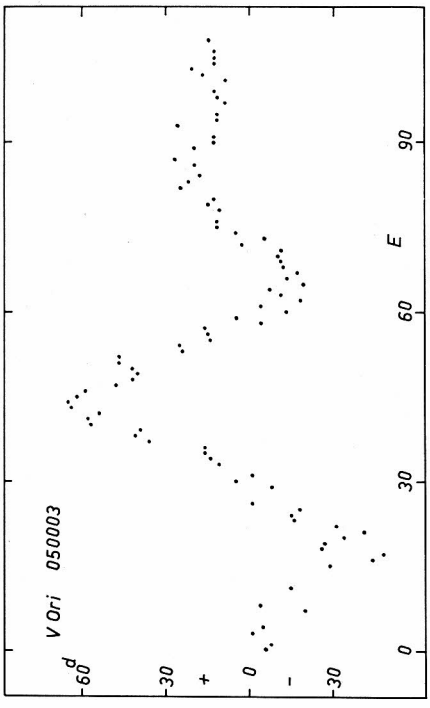



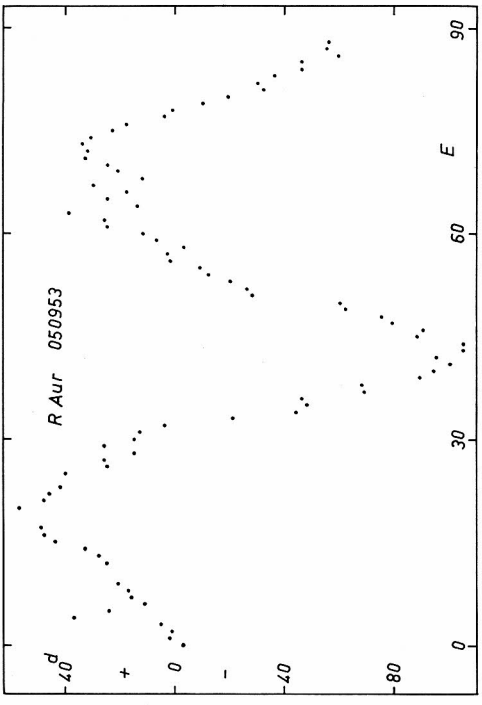

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

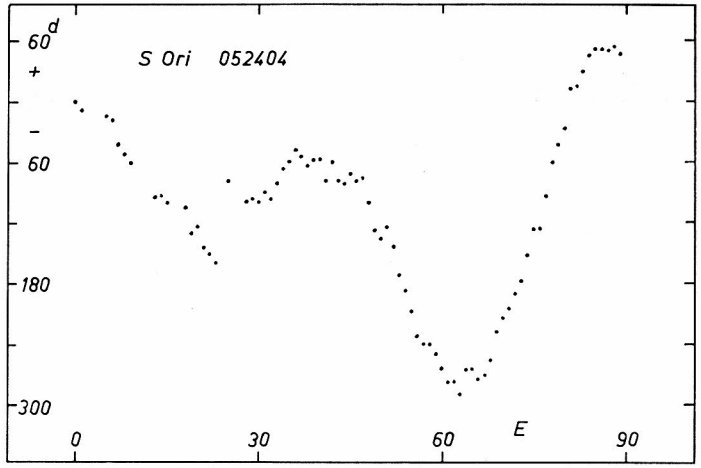
©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

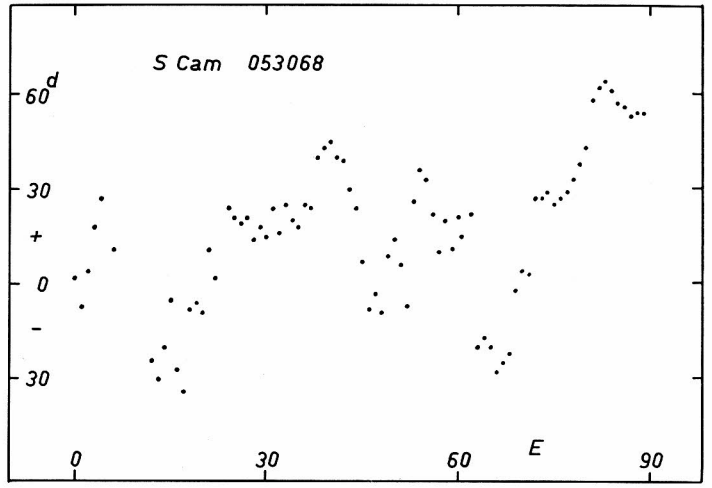


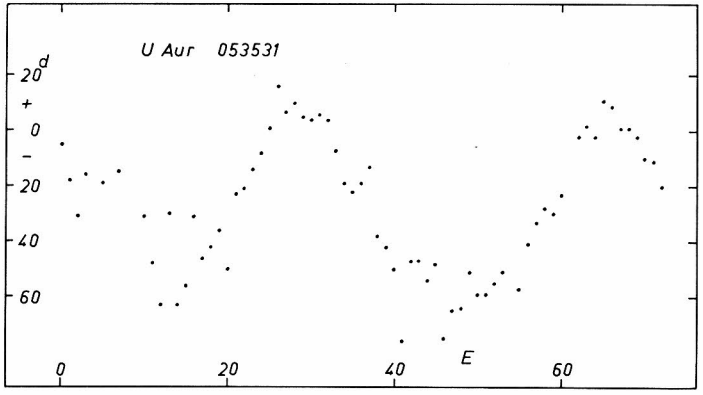



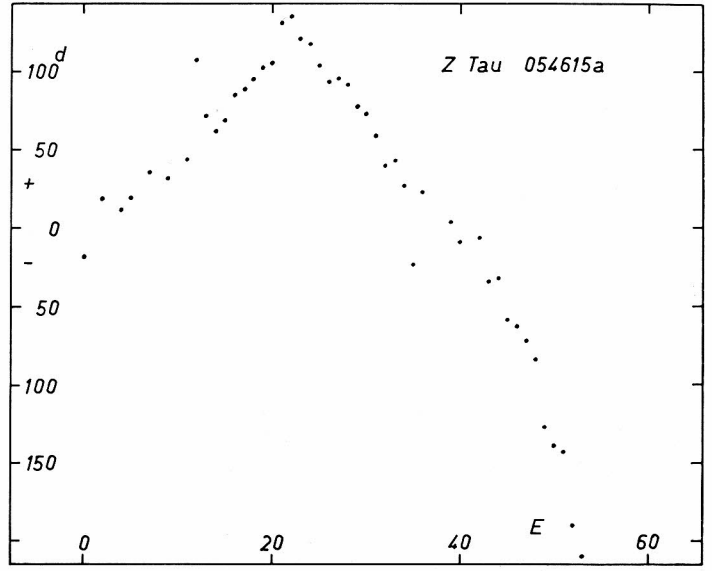



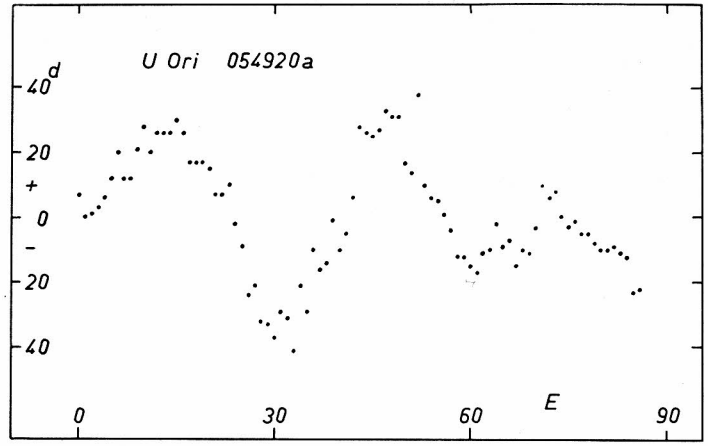


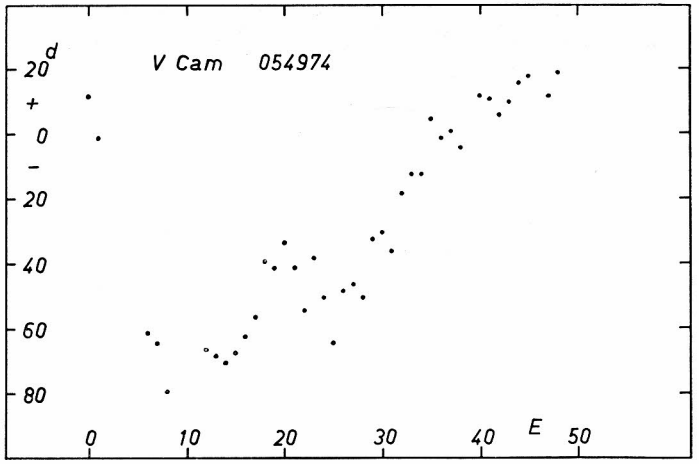



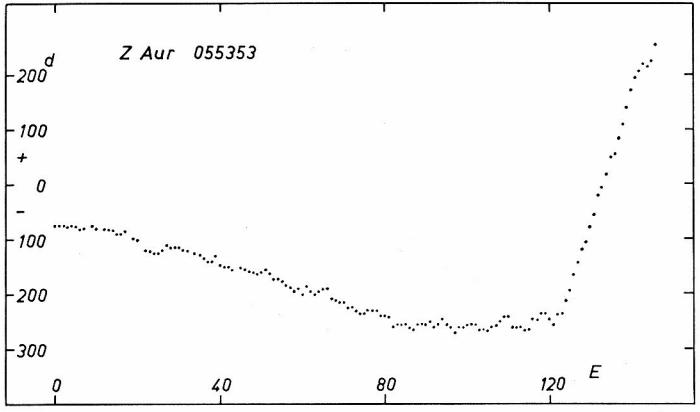



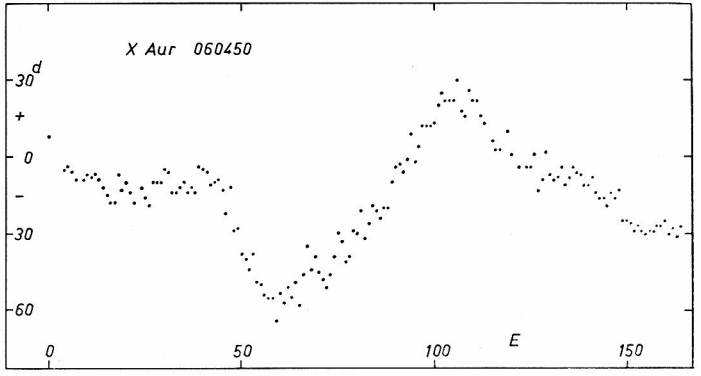




©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.



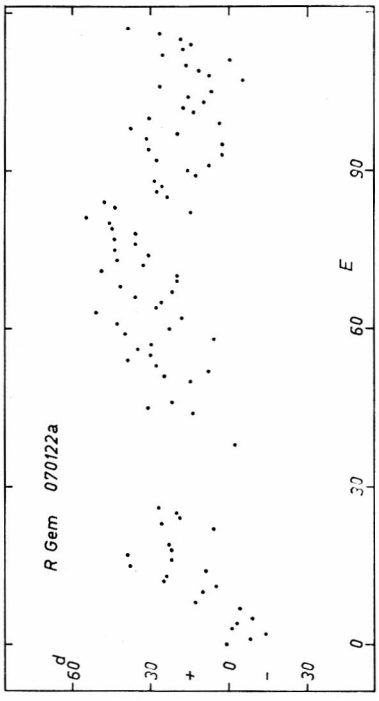


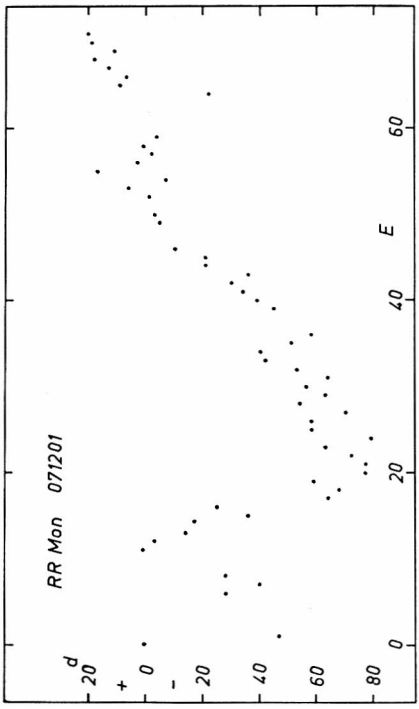

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

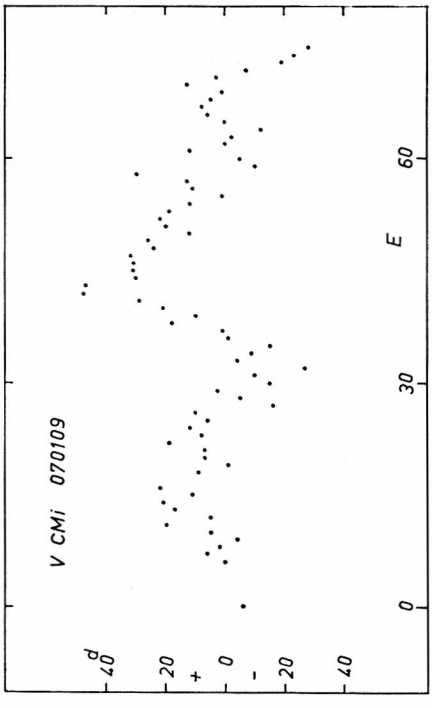
©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

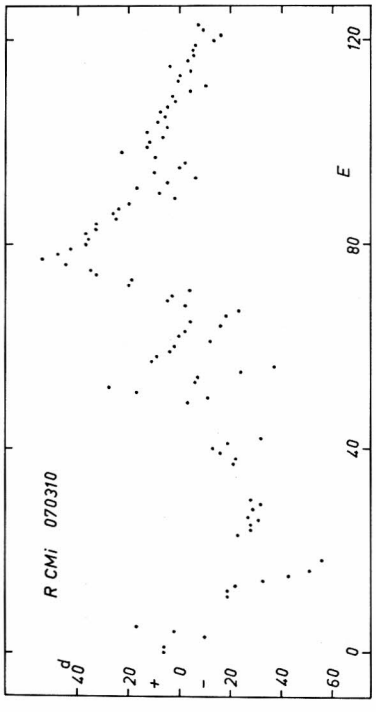
©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

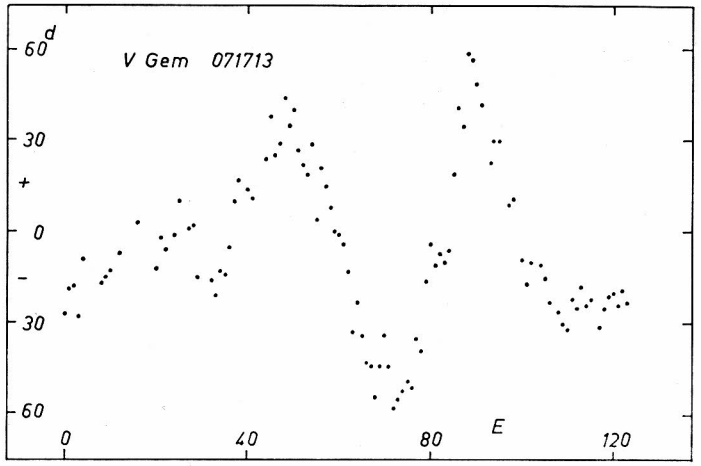
©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

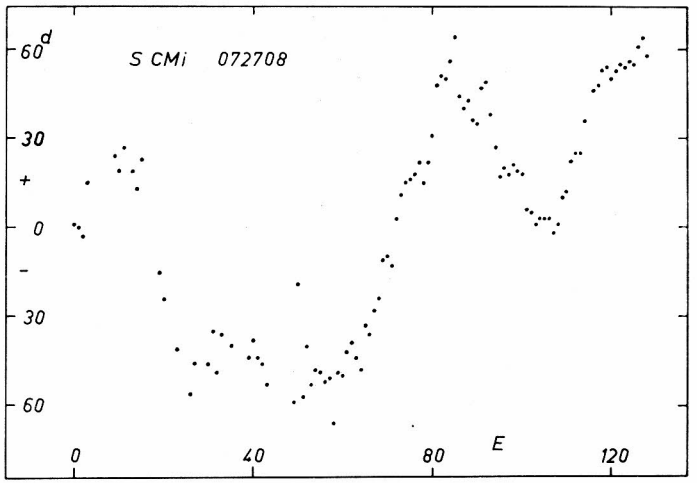


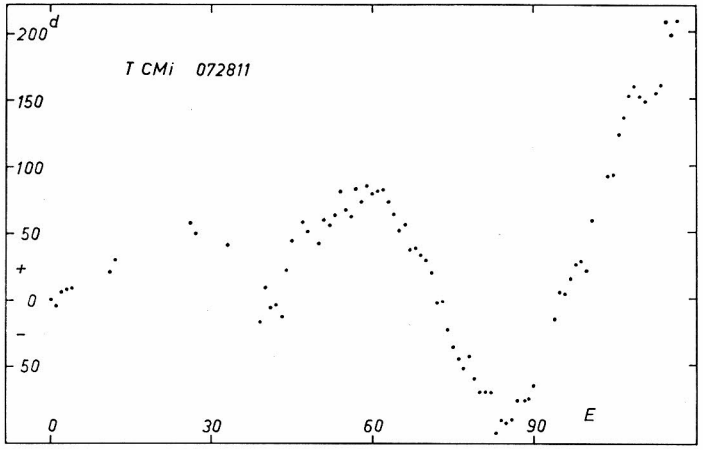



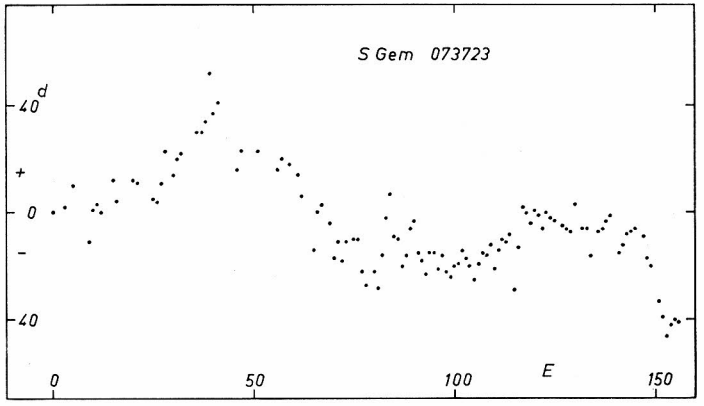





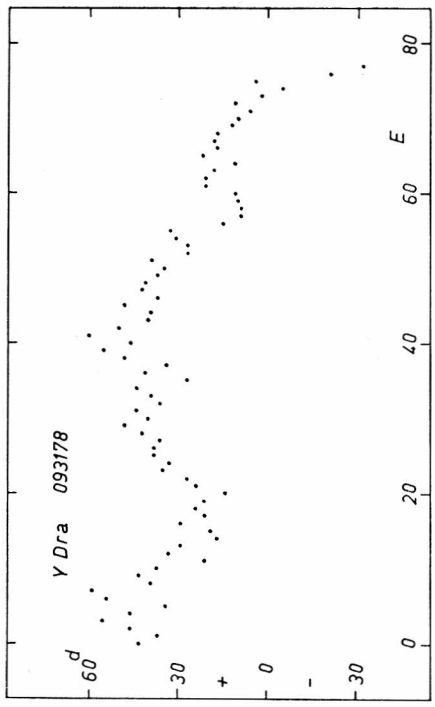


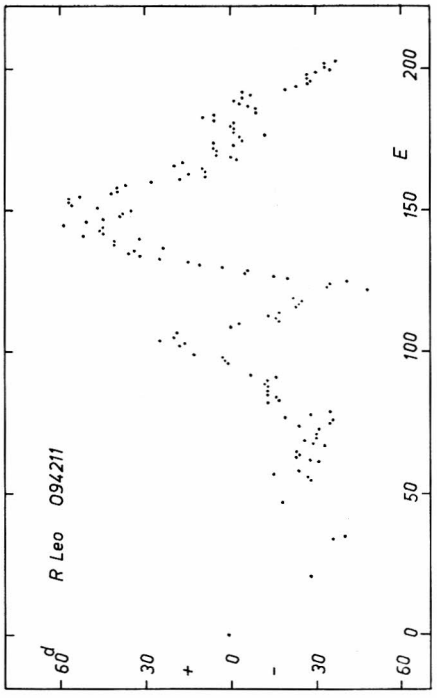

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

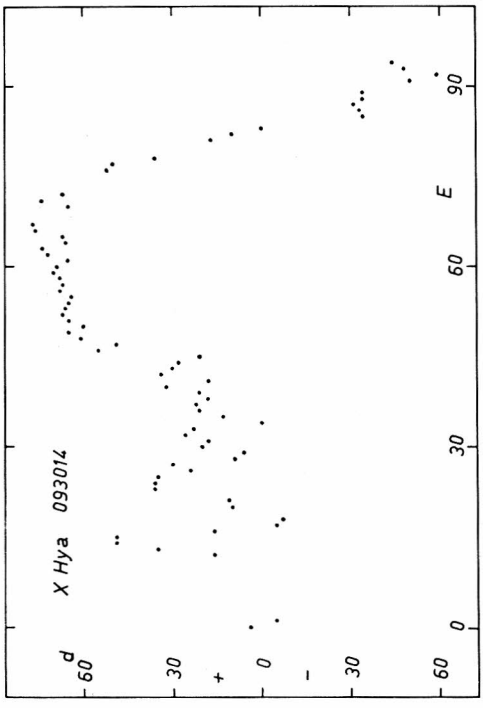
©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

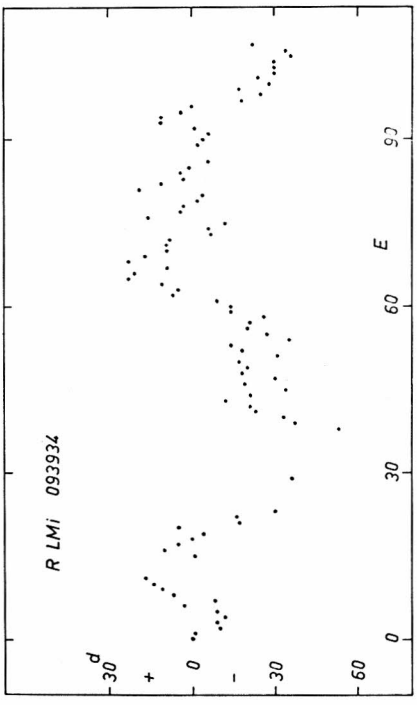
©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

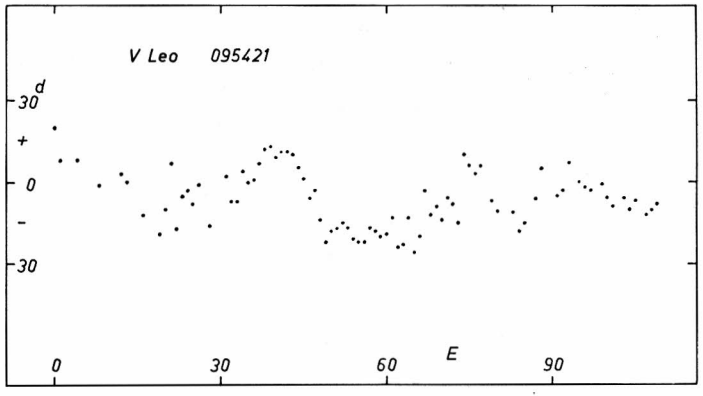
©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

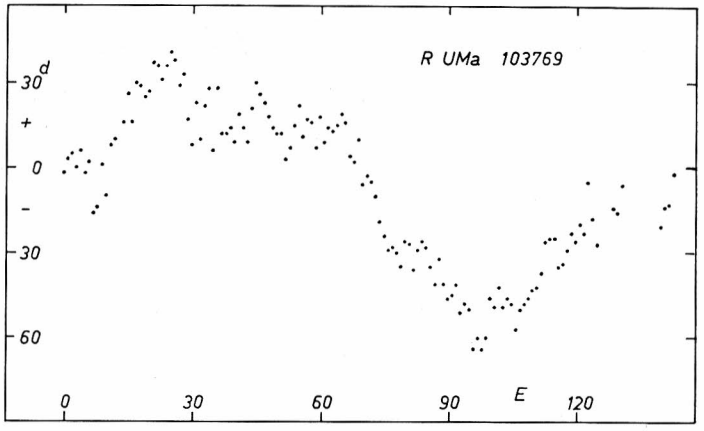


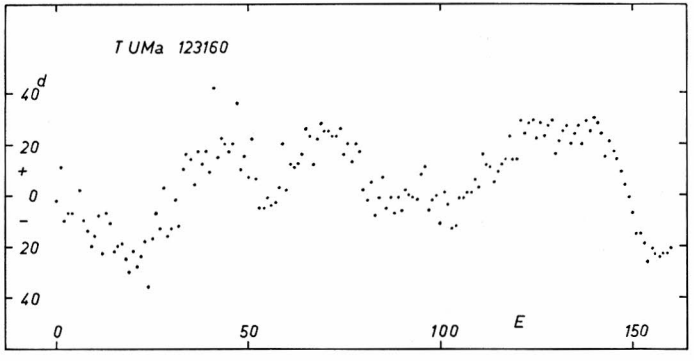



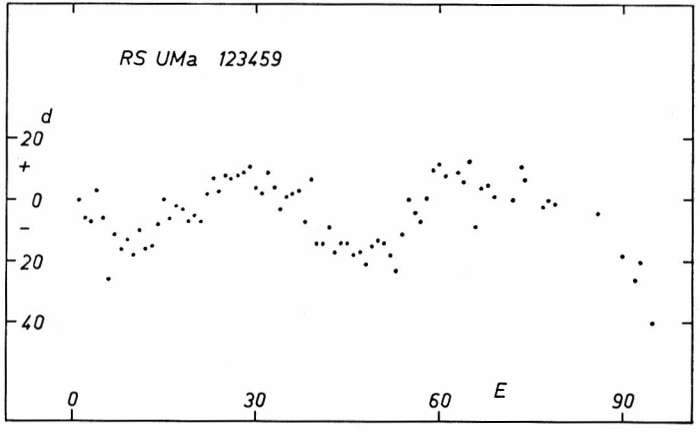





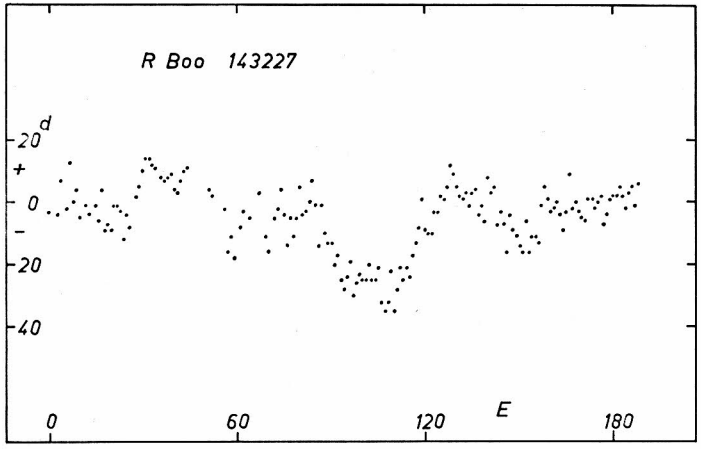



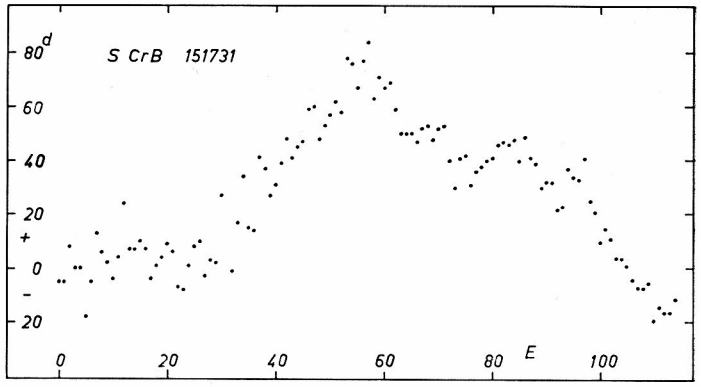


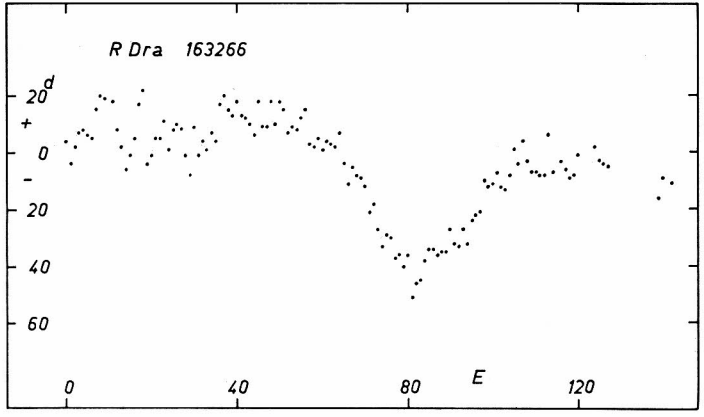

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

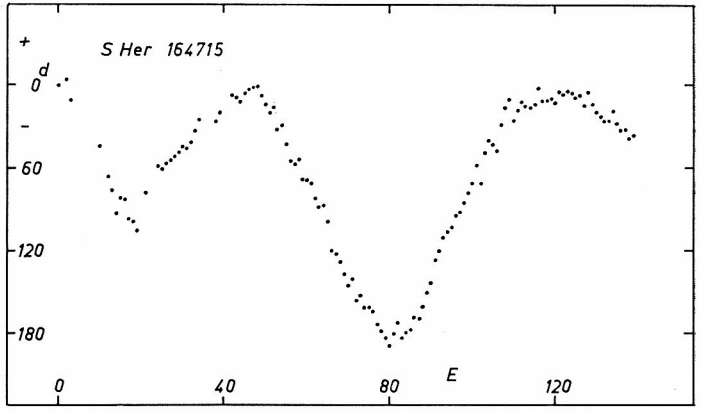
©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

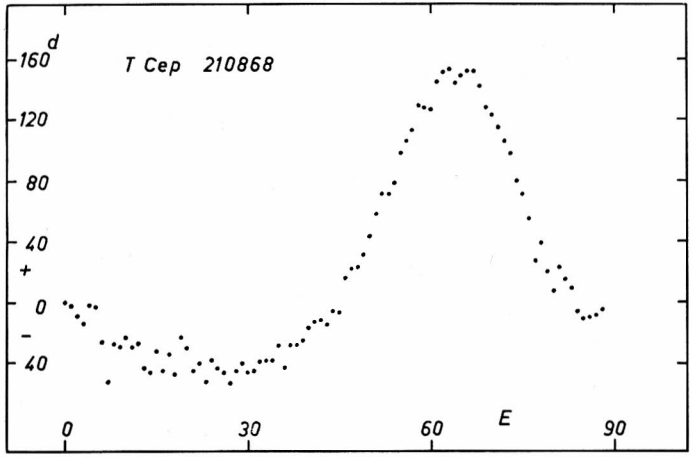


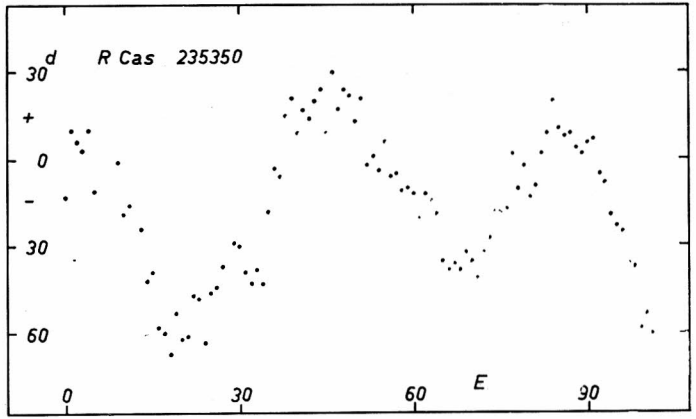



©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.






©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

# ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen

Jahr/Year: 1974

Band/Volume: 3

Autor(en)/Author(s): Heiser Erwin

Artikel/Article: B-R bei 1031angperiodisch Veränderlichen 13-51