

LICHTELEKTRISCHE BEOBACHTUNGEN VON 14 Ap-STERNE *

K.D. RAKOSCH

Universitätssternwarte Wien, Austria

und

W. FIEDLER

Astronomisches Institut der Universität Erlangen-Nürnberg, Federal Republic of Germany

Eingegangen am 20. Mai 1977

PHOTOELECTRIC INVESTIGATION OF 14 Ap STARS

$U'B'V'$ observations of 14 Ap stars have been carried out between July 1963 and July 1964 at Lowell Observatory. The best elements of the light variation for the observed stars are:

HD 8441 JD (U' max) = 2438327.8 + 69^d433 E.

HD 9996 The observations suggest $P = 36^d.5$.

HD 11503 Two periods $P = 2^d.604$ and $P = 1^d.7982$ are compatible with the observations. JD (B' min) = 2438376.6. Superimposed short period variations within 2^h30^m have been established.

HD 18296 JD (V' min) = 2438343.85 + 2^d8842 E.

HD 30466 JD ($U'B'V'$ max) = 2438466.729 + 1^d3900. E.

HD 33254 shows no variations.

HD 42616 JD (U' min) = 2438450.7 + 17^d0 E.

HD 74521 JD (V' min) = 2438481.5 + 4^d2393 E.

HD 133029 JD (U' max) = 2438544.72 + 2^d8881 E.

HD 145389 JD (U' min) = 2438523.2 + 7^d832 E.

HD 153882 JD (V' max) = 2438580.92 + 6^d0075 E.

HD 173650 JD (U' max) = 2438284.7 + 10^d1353 E.

HD 215038 JD (V' max) = 2438350.57 + 2^d037638 E.

HD 219749 Three different periods 0^d723, 1^d61553 and 2^d604 are compatible with the observations. JD (U' max) = 2438284.67.

It is obvious that the periods derived still may be erroneous and in general more observations are needed to establish the intrinsic periods. Semiperiodical fluctuations in brightness in a short time scale have been found in HD 11503, HD 74521, HD 153882 and HD 173650. The star HD 153882 has indications of a secular change in the brightness. The reality of the short and long time variations in the radiation output of Ap stars are discussed.

Key words: magnetic stars – Ap stars – variable stars

BEOBACHTUNGEN

Die Messungen wurden in der Zeit von Mitte Juli 1963 bis Anfang Juli 1964 mit dem 24-inch (Morgan-Teleskop) und dem alten 42-inch Spiegel am Lowell Observatorium in Flagstaff, Arizona von K.D. Rakosch durchgeführt. Systematische Unterschiede der Ergebnisse von beiden Teleskopen konnten nicht festgestellt werden. Gemessen wurde in drei Farben, $U'B'V'$, und es wurde keine Transformation in das Standard- UBV -System vorgenommen. Die benützten Spektralbereiche liegen erfahrungsgemäss sehr nahe dem Standard-system. Das benützte Photometer wurde ausführlich bei Rakosch (1963) beschrieben. Die Registrierung erfolgte durch einen Kompensationsschreiber. Die Beobachtungsdaten wurden immer in Form der Helligkeitsdifferenzen zwischen dem Ap Stern und dem gewählten Vergleichstern angegeben. Diese Differenzen ΔV , ΔB , ΔU können daher auch bei einer sehr oberflächlichen Lesung des Textes nicht mit den scheinbaren Helligkeiten dieser Sterne in UBV System verwechselt werden. Die Beobachtungen fanden hauptsächlich um die Kulminationszeit statt. Während einiger Nächte wurden zwei Sterne mit einer längeren Zeitspanne gemessen (HD 153882, HD 173650 an 4 bzw. 3 Nächten 2^h bis 4^h lang). Um die Genauigkeit der Messungen zu steigern und eventuelle kurzzeitige Helligkeitsschwankungen besser zu erfassen, wurde manchmal auf Beobachtungen mit bestimmten Filtern verzichtet. Die durchschnittliche Dauer einer Einzelmessung pro Filter betrug

* It is a pleasure to acknowledge the support of the National Science Foundation and Lowell Observatory for this work.

eine halbe Minute. In der Regel wurden 4 bis 5 aufeinanderfolgende Einzelmessungen zu einem Messwert gemittelt.

Die Korrektur der gemessenen Helligkeitsdifferenzen wegen der differentiellen Extinktion erfolgte mit den Werten des mittleren Extinktionskoeffizienten K :

	U'	B'	V'
K	0.55	0.33	0.18

Die mittlere Genauigkeit der Messungen während einer Nacht $\bar{\sigma}$ liegt zwischen 0.002 und 0.005 Grössenklassen. Sie wird durch zwei verschiedene Faktoren bestimmt:

- die Messfehler und
- durch reele, kurzperiodische Variabilität der Helligkeit dieser Sterne.

Die $\bar{\sigma}$ -Werte bleiben bei den meisten Sternen konstant, wie man auch erwarten sollte. Die Ausnahmen bilden die Sterne mit den Kurzzeitschwankungen, wo $\bar{\sigma}$ grösser wird.

PERIODENBESTIMMUNG

Bei Sternen mit mehreren veröffentlichten sehr unterschiedlichen Perioden wurden die Messwerte mit allen Perioden reduziert, um die Lichtkurven vergleichen zu können und sicher zu sein, dass nicht etwa eine Scheinperiode gewählt wurde. Die Gefahr der Wahl von falschen Resonanzperioden tritt immer bei Messwerten auf, die man bei periodischen Beobachtungsintervallen I (z.B. 1 Sonnentag) gewinnt. Solche unechten Perioden entstehen aus der Überlagerung der wahren Periode P und der Beobachtungsperiodizität I . Dieses Problem hat für den Fall der Umläufe spektroskopischer Doppelsterne Tanner (1948) beschrieben. Ein bei Winzer (1974) veröffentlichtes Nomogramm zeigt die aus einem Beobachtungsintervall von 1 Tag entstehenden Scheinperioden.

HD 4481

Babcocks Magnetfeldmessungen wurden von Steinitz (1965) mit der Periode 2^d9632 reduziert. Renson (1966) dagegen fand eine bessere Übereinstimmung der RG . Daten für eine Periode von 106^d27 . Der Stern wurde photometrisch von van Genderen (1970) und Wolff und Morrison (1973) beobachtet. Die letzteren geben eine Periode der Lichtschwankung von 69^d5 . Die Messungen, die hier vorliegen, sind leider etwas spärlich, so dass nur für das U' -Filter eine einigermaßen gleichmässig belegte Kurve vorliegt. Die beste Periode ergibt sich unter der Benützung des Maximums bei Wolff und Morrison zu

$$JD(U' \text{ max}) = 2438327.8 + 69^d433 E$$

Die beiden anderen Perioden, 2^d9632 und 106^d27 , geben eine grössere Streuung. Die Messungen sind in Figur 1 gebracht.

HD 9996

Diesen A0p-Stern haben ausführlich Preston und Wolff (1970) diskutiert und leiten aus den Spektrum-, Magnetfeld- und Helligkeitsschwankungen eine gemeinsame Periode von 23^a ab.

Die als langperiodisch gedeuteten lichtelektrischen Änderungen basieren auf den Messungen von Abt und Golson (1962) auf Kitt Peak und den Beobachtungen Stepiens (1968) am Lick Obs. Zwischen 1962 und 1968 nahm die visuelle Helligkeit um etwa 0^m1 ab, was für einen Ap-Stern ungewöhnlich viel ist. Die lichtelektrischen Beobachtungen Stepiens zeigen kleine Streuung und lassen nach dem Autor nur den Schluss zu, dass der Stern über die Beobachtungsdauer konstante Helligkeit aufwies.

Winzer (1974) untersuchte den Stern lichtelektrisch mit dem Ziel, die lange Periode zu bestätigen und weitere Punkte zu der von Preston und Wolff vorgeschlagenen Kurve hinzuzufügen. Diese Beobachtungen bestätigen nicht die 23-Jahre-Periode. Die durchschnittlichen Helligkeiten in UBV änderten sich zwischen 1970 und 1971 entgegengesetzt zu denen zwischen 1971 und 1972. Ausserdem sind alle Schwankungen kleiner als 0^m005 und damit in der gleichen Grössenordnung wie die zufälligen Fehler. Ein Vergleich der UBV -

Helligkeiten aus diesen Daten mit denen von Stepien lässt wiederum keine deutliche Schwankung erkennen, dieses Mal über einen Zeitraum von fast 6 Jahren! Winzer bemerkt aber, dass diese Vergleiche nicht eine Veränderlichkeit des Sternes ausschliessen, sondern nur die 23-Jahre-Periodizität bezweifeln. Er weist auf die interessante Tatsache hin, dass während der Beobachtungen im Oktober 1971 die U -Helligkeit sich um fast 0^m01 systematisch erhöht hat und hält sie für eine echte Schwankung, woraus er eine periodische Variation von etwa 1 Monat abschätzt (versuchsweise: $P = 36^d5$). Unsere Messungen sind in Figur 2 wiedergegeben.

Die über einen Zeitraum von 80^d gemessene U' -Helligkeit lässt keine Periode erkennen, aber doch auf schwache Veränderlichkeit schliessen. Entgegen dem Normalverhalten der Ap-Sterne nimmt bei HD 9996 die Amplitude in B' und V' sehr stark zu. Die maximalen Änderungen betragen

$$\Delta U = 0^m012 \quad \Delta B = 0^m065 \quad \Delta V = 0^m050$$

Auffallend ist ein allen drei Lichtkurven gemeinsames Merkmal: vom 9. bis 14. November 1963 ein Helligkeitsabfall – am schwächsten in U' – gefolgt von einem steilen Anstieg innerhalb von zwei Tagen. Nach etwa einem Monat sinkt die Helligkeit fast wieder auf das Ausgangsniveau (in B' und V'). Trotz der nicht sehr dichten Belegung der Lichtkurven könnte man eine Lichtwechselperiode zwischen 35^d und 40^d vermuten, eine Länge, die mit Winzers 36^d5 ungefähr übereinstimmen würde.

HD 11503

γ Ari (S) ist das südliche Mitglied des engen visuellen Doppelsternsystems ADS 1507, dessen Komponenten um etwa $8''$ getrennt sind und deshalb häufig gemeinsam gemessen werden unter der Annahme, dass die zweite Komponente konstant hell ist.

Die ersten photoelektrischen Messungen dieses Sternes am Lowell Observatory stammen von Rakosch (1964), der die Lichtkurven in B' und V' mit der von Deutsch (1947) aus Linienintensitätsänderungen gewonnenen Periode $P = 2^d607$ berechnete. Dieser Wert hat aber nur eine kleine Zahl (14) von Platten als Grundlage, und Deutsch vermerkt deshalb eine gewisse Unsicherheit seiner Periode und vor allem in der Form seiner Kurve.

Eine längere Beobachtungszeit des Sternes (etwa 2^h) liess eine kurzperiodische Helligkeitsschwankung erkennen. Später unternahm van Genderen (1971) weitere Beobachtungen im Walraven-Filter-System und bestätigte die Periode von Deutsch und Rakosch. Aber im Unterschied zu Rakosch sind seine Lichtkurven nicht in Phase. Die Messungen, welche hier vorliegen, wurden zuerst mit 2^d604 reduziert, aber die Streuung der Werte war auffallend gross. Danach hat man mit einem Perioden-Suchprogramm eine etwas bessere Periode, nämlich 1^d7982 gefunden, Figur 3. Die Besonderheit dieses Lichtverlaufes ist eine Doppelwelle, deren Intensitätsmaxima um genau eine halbe Periode getrennt liegen. Die mittlere Amplitude beträgt 0^m035 , deutlich grösser als die Helligkeitsdifferenzen bei van Genderen oder auch Rakosch.

$$JD(B' \text{ min}) = 2438376.6 + 1^d7982 E$$

Die Anpassung der beiden konkurrierenden Perioden an die drei zur Verfügung stehenden Epochen gibt keiner Periode einen Vorzug. Es lassen sich alle Zeiträume gleich gut überbrücken.

In den Nächten vom 21. und 22. Dezember 1963 wurde der Stern einige Stunden lang beobachtet (Figur 4). Diese Beobachtungen zeigen eine kurzperiodische (etwa 2^h30^m) Änderung der Helligkeit mit einer Amplitude von 0^m02 . Die Realität dieser Schwankung scheint gesichert zu sein.

HD 18296 = 21 Per

Die erste photometrische Untersuchung von 21 Per führte Rakosch (1963) durch. Später wurde der Stern von Elvius und Engberg (1967), Stepien (1968) und van Genderen (1970) beobachtet. Preston (1969) hat diesen Stern ausführlich untersucht und die Radialgeschwindigkeiten, Linienintensitäten, Helligkeiten und Magnetfeld-Schwankungen erörtert. Die Radialgeschwindigkeiten und Linienintensitäten ändern sich periodisch mit dem 2^d88 Zyklus, den Stepien abgeleitet hat. Preston ermittelte aus den spektroskopischen Daten, insbesondere dem Blend $\lambda = 4012 \text{ \AA}$ eine verbesserte mittlere Periode $P = 2^d88422$.

Als besonderes Merkmal der vorliegenden Beobachtungen (Figur 5) tritt im U' -Bereich ein sekundäres Maximum auf, das im Visuellen nur andeutungsweise sichtbar wird. Die Streuung ist verhältnismässig gross, was auf unregelmässige Schwankungen, der Grundperiode überlagert, hindeutet. Die gleiche Eigenschaft weisen auch die Lichtkurven anderer Autoren auf.

Die aufgrund der bekannten Epochen kombinierbaren Zeitspannen können mit beiden Perioden (2^d884 und 1^d729) gut überbrückt werden, so dass aus dieser Sicht keine Auswahl möglich erscheint. Die Periode von 2^d8842 ergibt eine kleinere Streuung der Beobachtungsdaten. Es folgt daraus

$$JD(V' \text{ min}) = 2438343.85 + 2^d8842 E$$

HD 30466

In ihren UBV -Beobachtungen von 70 magnetischen Ap-Sternen aus der Babcock-Liste stellten Abt und Golson (1962) die Veränderlichkeit von HD 30466 fest, mit einer mittleren Streuung in: $\sigma(V) = 0^m055$; $\sigma(B-V) = 0^m022$ und $\sigma(U-B) = 0^m017$. Die erste Periode veröffentlichten Burke *u.a.* (1970). Aus der B -Kurve erhielten sie $P = 1^d39$. Die Lichtkurven der vorliegenden Beobachtungen (Figur 6) weisen keine ungewöhnlichen Merkmale auf. Den Helligkeitsverlauf in allen drei Farben kennzeichnet ein phasengleiches Maximum mit einem gegenüber dem Anstieg etwas steileren Abfall. Die einzige bei Burke und Mitarbeitern hinreichend definierte Kurve (B) hat eine unserer B' -Kurve ähnliche Form. Die Intensitätsschwankungen liegen mit ihrem Absolutwert und von U' nach V' abnehmend im mittleren Bereich der Lichtänderungen der Ap-Sterne.

Über das Magnetfeld von HD 30466 liegen ausser den wenigen Daten aus Babcocks Katalog keine weiteren Angaben vor. Die Spektrallinien zeigen oft variable Profile. Die lichtelektrische Periode konnte mit Hilfe der zwei vorliegenden Epochen verbessert werden:

$$JD(UBV \text{ max}) = 2438466.729 + 1^d3900 E$$

Die Darstellung des vorliegenden Beobachtungsmaterials ist auch mit einer doppelt so langen Periode, nämlich $P = 2^d7800$ möglich. Die Streuung wird dabei sogar kleiner.

HD 33254 = 16 Ori

Diesen Metalllinienstern hat Conti (1969) spektroskopisch untersucht. Die einzige bekannte photometrische Beobachtung von 16 Ori veröffentlichte Winzer (1974). Demnach ist der Stern in UBV – obgleich mit kleiner Amplitude – doch eindeutig veränderlich. Die Daten lassen sich am besten mit der Periode $P = 2^d87$ anpassen.

Unsere Messungen (Figur 7) in U' , aufgetragen gegen JD, geben keinen Hinweis auf irgendeine Periode, allenfalls auf schwache Veränderlichkeit. Die Reduktion der Werte mit der Periode $P = 2^d87$ ergibt auch keine der Lichtkurve Winzers ähnliche. In diesem Fall sei an unsere Lichtkurven von HD 9996 erinnert, wo entgegen dem Normalverhalten der pekuliaren Sterne die U' -Schwankungen äusserst gering sind und auch keine Regelmässigkeit zeigen. Dieser Fall erscheint aber aufgrund von Winzers Lichtkurven mit der in B und V noch kleineren Amplitude unwahrscheinlich. Es müssten zur Periodenbestimmung in UBV lückenlose Beobachtungsreihen über einige Tage durchgeführt werden.

HD 42616

Dieser Stern befand sich zum ersten Mal 1952 in einem lichtelektrischen Beobachtungsprogramm von Provin (1953). Er stellte in 11 Nächten keine Veränderlichkeit mit B - und V -Filter fest, allein in U waren Hinweise auf Lichtwechsel zu finden. Die Untersuchung von Burke *u.a.* (1970) stuft diesen Stern in B und V als konstant ein. Alle unsere drei Lichtkurven weisen den Stern als periodisch veränderlich aus (Figur 8). Die Form der Lichtkurven ist in den drei Farben sehr verschieden. Charakteristisch für den Lichtwechsel in U' ist ein schmales, tiefes Minimum, gefolgt von einem breiten Maximum, das etwa 0.7 der Periode überspannt.

Im B' - und V' -Bereich verlaufen die Kurven flacher. Deutlich tritt in V' bei Phase 0.0 ein schwaches Sekundärmaximum auf, das in B' und U' durch grössere Schwankungen ebenfalls sichtbar zu werden scheint. Die Amplituden $\Delta U = 0^m035$, $\Delta B = 0^m015$ und $\Delta V = 0^m020$ machen verständlich, warum die früheren Autoren keine Veränderlichkeit entdecken konnten, besonders dann, wenn sie während der Beobachtungsreihe ungünstige Phasenbereiche erfassten. Die Streuung der Messwerte ist in V' und B' gering und nimmt in U' zu. Bezieht man die Beobachtungen auf das Minimum in U' , so kann man schreiben

$$\text{JD}(U' \text{ min}) = 2438450.7 + 17^d0 E$$

HD 74521

Die erste Periodenlänge wurde von Stepien (1968) mit $P = 5^d43$ veröffentlicht. Winzer konnte diese Periode aber nicht bestätigen. Aus seinen zwei Beobachtungsreihen leitet er $P = 4^d2359$ ab. Die Lichtschwankungen sind klein, die Form der Lichtkurve in allen drei Farben gleich, ebenso die Phasenlagen.

Unsere Messungen wurden mit Winzers Periode reduziert, Figur 9. In V' ist das Maximum der Lichtkurve deutlich sichtbar, in B' und U' ist keine Aussage möglich. Die Amplituden sind klein, nehmen aber nicht von U' nach V' hin ab, und die Streuung ist gross. Winzers Lichtkurven unterscheiden sich von unseren durch Asymmetrie des zeitlichen Helligkeitsverlaufes, die von U nach V zunimmt und der Form der Extrema (breite Minima, engere Maxima). Sie haben auch die geringere Streuung. Unter Anknüpfung an Winzers U -Maximum 1971 über ein Zeitintervall von 8.5 Jahren und Stepiens V -Maximum ergibt sich eine leicht vergrösserte Periode

$$\text{JD}(V' \text{ min}) = 2438481.5 + 4^d2393 E$$

HD 133029

Die ersten photometrischen Beobachtungen Provins (1953) zeigten keinerlei Veränderlichkeit. Zu der Zeit waren auch keine Spektrumschwankungen bekannt. Erst Winzer leitete aus seinen Beobachtungen eine Periode ab ($P = 2^d8881$). Seine Lichtkurven weisen auch die niedrigen Amplituden auf. Wolff und Morrison veröffentlichten erst 1975 ihre Vierfarben-Photometrie dieses Sternes von 1970, reduziert mit Winzers Periode. Die ausgedehnten Messungen spiegeln aber eine grosse Streuung wider.

Die magnetische Veränderlichkeit von HD 133029 entdeckte Babcock (1958). Der Stern besitzt ein starkes Magnetfeld, aber auf allen von Babcock aufgenommenen Platten zeigt sich nur eine positive Polarität (1150 bis 3270 G). Die Feldstärke schwankt unregelmässig, mittlere Werte treten häufiger auf, was auf nicht sinusförmige Variationen hinweist. Das Feld ändert sich oft deutlich sehr schnell im Laufe von einigen Stunden. Anomalien der Linienstärken sind auch erkennbar. Babcock vermutete als Feldstruktur überwiegend ein Dipolfeld und schlug als annehmbares Modell für diesen Stern einen schnellen Rotator, fast polar zu sehen, vor, bei dem die magnetische Achse nahezu mit der Drehachse übereinstimmt.

Renson (1967) veröffentlichte eine erste Periode (1^d054), der eine Auswertung der Mt. Wilson- und Mt. Palomar-Platten zugrunde lag.

Eine weitere Untersuchung des magnetischen Verhaltens von HD 133029 hatte eine Neubestimmung der Periode zur Folge ($P = 0^d168 = 4^h$). Steinitz und Pyper (1971) fanden in Babcocks Material einen Zusammenhang zwischen Plattenbelichtungszeit und Magnetfeldstärke, derart, dass die kleinsten Felder auf kurzbelichteten Platten gemessen wurden.

Unsere Lichtkurven, Figur 10, besitzen kleine Amplituden aber auch die relativ grosse Streuung wie bei Morrison und Wolff. Die mit $P = 0^d168$ reduzierten Daten lassen in V' eine mindestens ebenso gute Periodizität erkennen, die in U' völlig verschwindet.

Unter der mehr oder weniger zutreffenden Annahme, dass der Stern etwa zweifache Sonnengrösse, zwei- bis dreifache Sonnenmasse besitzt und angesichts des Vergleiches von Gravitationsbeschleunigung an der Oberfläche und Zentrifugalbeschleunigung am Äquator, ist es offenkundig, dass der Stern eine Umdrehung nicht in 4^h vollziehen kann. Hieraus folgt, dass die beobachteten magnetischen Änderungen, falls diese tatsächlich mit der 4^h Periode ablaufen, nicht durch Rotation erzeugt sein können. Steinitz und Pyper weisen

in ihrer Untersuchung auf nichtradiale Schwingungsformen in magnetischen Sternen (Ledoux 1967) hin, die sehr wohl in dem Bereich beobachteter Perioden liegen können. In hydromagnetischen Schwingungsprozessen ist ein Polaritätswechsel kaum verständlich, weshalb für das beobachtete Verhalten verschiedener Ap Sterne die Theorie vom Schiefen Rotator bevorzugt wird. Aber auf HD 133029 sind magnetische Polaritätsumkehrungen niemals beobachtet worden. Eine weitere und bessere Bestätigung der kurzen Periode würde künftigen Untersuchungen der Schwingungstheorien grössere Bedeutung beimesen.

Mit den Elementen beider Lichtkurven, nämlich von Winzer und uns, konnte Winzers Periode bestätigt werden,

$$JD(U' \text{ max}) = 2438544.72 = 2^d8881 E$$

Nach Abschluss dieser Arbeit wurden uns die Ergebnisse von Panov und Schöneich (1976a) bekannt, die aus ihren Messungen eine Periode von $0^d741285$ bestimmten und auf mögliche kleine Periodenänderungen sowie langsame Helligkeitsänderungen hinwiesen. In diesem Zusammenhang tritt wieder das Problem der Scheinperioden und korrelierten Perioden auf, das infolge Überlagerung der wahren Periode mit der Beobachtungsperiode (1 Sonnentag oder 1 Sterntag) entsteht. Es gilt

$$P_s = P/(P \pm 1) \text{ oder } P_s = 0.997 P/(P \pm 0.997), \quad (1)$$

wobei P die wahre Periode und P_s die Scheinperiode ist. Mit der Scheinperiode ergibt sich ebenfalls eine gute Lichtkurve in dem Fall, wenn die Intervalle zwischen den Beobachtungszeitpunkten ganzzahlige Vielfache der Beobachtungsperiode sind. Das gleiche gilt für die korrelierten Perioden, die man erhält, wenn man die wahre Periode in (1) durch die Scheinperioden ersetzt. Dadurch lassen sich prinzipiell beliebig viele korrelierte Perioden erzeugen. Die Reihe der korrelierten Perioden ist nur nach oben hin begrenzt. Mit einer bekannten korrelierten Periode und der Beobachtungsperiode lässt sich die ganze Reihe konstruieren, in der dann eine Periode die wahre sein muss.

Bei HD 133029 entspricht die von uns gewählte Periode (2^d8881) der längsten korrelierten zu der von den oben genannten Autoren bestimmten Periode $P = 0^d741285$ und stellt deren Messwerte nach ihrer Ansicht weniger gut dar. Bei unseren Lichtkurven liegen die Verhältnisse umgekehrt.

Die Periode um 0^d168 entspricht keinem Glied der Korrelationsreihe zu 2^d8881 .

HD 145389

Dieser B9p (Mn)-Stern wird bei Babcock (1958) als magnetisch vermuteter Stern geführt. Er wurde spektroskopisch von Aller *u.a.* (1970) und Zimmermann *u.a.* (1970) untersucht. Die einzige photometrische Beobachtung liegt von Winzer (1974) vor, der ihn als konstant bezeichnet. Aufgrund unserer Messungen weist der Stern in U' einen periodischen Lichtwechsel mit der Amplitude von 0^m015 auf (Figur 11). In V' und B' ist der Stern innerhalb 0^m006 bzw. 0^m002 konstant. Die ultraviolette Lichtkurve kann man als symmetrisch bezeichnen. Die Streuung ist, abgesehen von zwei Punkten, nicht sehr gross. Für die Epoche des U' Lichtminimums erhalten wir

$$JD(U' \text{ min}) = 2438523.2 + 7^d832 E$$

HD 153882

Diesen inzwischen gut studierten magnetischen A2p (Cr, Eu)-Stern hat zuerst Provin (1953) gemessen. Jarzebowski (1960) erhielt aus seinen Beobachtungen eine Periode $P = 6^d0075$. Stepień (1968) beobachtete den Stern 1967 und verwendete die von Preston und Pyper (1965) verbesserte Periode $P = 6^d00925$. Beide Autoren, Stepień und Jarzebowski, reduzierten ihre Beobachtungen mit zwei Vergleichssterne, deren einer (HD 153809) von uns als veränderlich vermutet wird. Wie stark sich dadurch die Lichtkurven verändert haben, lässt sich an dieser Stelle nicht feststellen, da der Anteil der Messungen an der Lichtkurve mit dem veränderlichen Vergleichssterne unbekannt ist. Van Genderen (1971) berechnete die Phasen seiner Lichtkurven aus den Messungen in einem Fünffarben-System ebenfalls mit den von Preston und Pyper angegebenen Elementen und findet ein ausgeprägtes Sekundärmaximum in allen Farben. Schliesslich liegen noch die Messungen von Schöneich und Mitarbeitern (1976) mit einem Zehnfarben-System vor. Sie benützten ebenfalls die Periode 6^d00925 . Sie erwähnen auch die relativ grosse Streuung ihrer Messwerte.

Ein starkes Magnetfeld mit Polaritätswechsel entdeckten Gjellestad und Babcock (1953). Preston und Pyper (1965) haben den Stern ein Jahr lang regelmässig auf Feldvariationen hin untersucht. Sie erhielten gegenüber Babcocks Elementen Phasenverschiebungen. Ihre Kurven unterscheiden sich durch die um etwa 40% grösseren Feldstärken. Das kann auf die Linienauswahl zurückgeführt werden oder der Bereich der Feldstärkevariationen über grössere Zeitabschnitte (14 Jahre) ist nicht konstant. Eine Neuuntersuchung des magnetischen Verhaltens von HD 153882 führte Hockey (1970) mit Lick-Spektren von 1963/64, 1965 und 1967 durch und bestimmte eine neue Periode $P=6^d0087$. Die Streuung der Lick-Beobachtungen ist bedeutend grösser als die Standardabweichung der einzelnen Punkte, was auf beträchtliche magnetische Amplitudenschwankungen von einem Zyklus zum anderen hinweist. Aber die mittlere Periode ist aufgrund der fast 20-jährigen Beobachtungen mit über 1000 Zyklen als konstant anzusehen.

Unsere Beobachtungen verteilen sich in drei Reihen auf ca. 350 Tage. Wir bekommen drei Lichtkurven (U'), die sich in Form und Amplitude ganz gut decken. Die Helligkeitswerte des 1964er Zyklus liegen um 0^m01 über denen von 1963; die Ursache dieser Änderung ist unbekannt. Charakteristisch für den Lichtwechsel von HD 153882 (Figur 12) ist die in allen drei Wellenlängenbereichen auftretende Doppelwelle. Eine unverkennbare Ähnlichkeit zwischen unseren Lichtkurven und denen anderer Beobachter besteht nur mit van Genderen, wo auch die Doppelwelle fast in gleicher Form und Phasenbeziehung auftritt. Man kann auch in Jarzebowski's Kurve in dem Phasenbereich, welcher bei uns das Sekundärmaximum umfasst, zumindestens eine plateauartige Abflachung des Helligkeitsanstieges sehen, das in der durchgelegten Kurve aber nicht berücksichtigt wurde. Stepiens visuelle Kurve ist ganz verschieden von unserer, vor allem ohne Doppelwelle. Unsere Lichtkurven sind von einer sehr starken Streuung gekennzeichnet, was auf mögliche kurzperiodische Schwankungen hinweist. Während dreier Nächte wurde der Stern fast je zwei Stunden beobachtet, und man sieht überaus starke (0^m04) und schnelle, eventuell quasiperiodische Helligkeitsausbrüche, die an eine lebhaft Flare-Tätigkeit erinnern können. Eine Periode von etwa 1^h30^m ist deutlich sichtbar. Auch Stepien und Schöneich vermerken die grosse Streuung ihrer Beobachtungen und lassen die Möglichkeit echter kurzzeitiger Fluktuationen offen. Die mittleren Amplituden der Grundperioden in UBV sind in Übereinstimmung mit denen von van Genderen, Jarzebowski und Stepien. Die wahre Periode scheint im Bereich zwischen 6^d0100 und 6^d0130 zu liegen. Aus der Phasenverschiebung der zwei am weitesten auseinanderliegenden Messreihen unserer Beobachtungen lässt sich keine brauchbare Periode ableiten, da die Phasenlage der Maxima viel zu ungenau und die Zeitbasis (nur 47 Perioden) auch zu kurz ist. Wir können als einigermaßen sicheres Ergebnis festhalten, dass die früheren Perioden sicher zu klein sind. Unsere Beobachtungen werden mit

$$JD(V' \text{ max}) = 2438580.92 + 6^d0075 E$$

dargestellt.

HD 173650

Dieser auch bereits mehrmals gut untersuchte pekuliare Magnetstern ist ein Spektrumveränderlicher und wird schon von Babcock mit periodisch variabler Linienstärke aufgeführt. Wehlau (1962) entdeckte die Lichtveränderlichkeit in B und V mit der Periode $P=10^d1$ und konnte Babcocks Magnetfeldmessungen in die gleiche Periode einpassen. Burke, Rice und Wehlau (1969) erhielten für B und V die neue Periode $P=9^d9748$, mit der auch die Linienstärken- und Radialgeschwindigkeitsmessungen übereinstimmen sollten. Ausserdem gaben sie eine Phasenbeziehung zwischen Lichtkurve und Magnetfeldvariation an. Van Genderen (1971) bringt seine Messungen mit den Lichtkurven von Burke und Mitarbeitern mit etwa der gleichen Periode (9^d97427) in Übereinstimmung, gibt aber als weitere Möglichkeit noch $P=9^d92970$ an, welche beiden Perioden aber nicht zu den magnetischen Messungen passen. Die letzte lichtelektrische Beobachtung des Sternes stammt von Blanco und Catalano (1968). Für ihre an 56 Nächten in UBV gemachten Messungen berechneten sie, an Wehlau's Epoche anknüpfend, eine neue Periode zu $P=10^d1353$.

Unsere Lichtkurve (Figur 13) in U' ist gut symmetrisch, in V' deutet sich ein Sekundärmaximum an. Die Phasenlage der Maxima aller drei Filter ist gleich, übereinstimmend mit van Genderen's Kurven. Bei

Blanco und Catalano liegt das V -Maximum leicht zu kürzerer Phase verschoben; dort ist ebenfalls in V das Sekundärmaximum erkennbar.

Die Streuung der Messwerte ist in U' und B' klein, im Gegensatz etwa zu HD 153882. Kurzzeitschwankungen kommen allerdings auch bei diesem Stern vor, der in zwei Nächten während ca. 3.5 Stunden beobachtet wurde. Die mittleren Amplituden betragen in den drei Farben $\Delta U = 0^m080$, $\Delta B = 0^m050$ und $\Delta V = 0^m050$. Die Periode lässt sich durch Kombination der verschiedenen Epochen auch bei diesem Stern nicht eindeutig bestimmen. Die Lichtkurven-Elemente unserer Beobachtungen sind:

$$JD (U' \text{ max}) = 2438284.7 + 10^d1353 E$$

Wir benützen den Wert der Periode von Blanco und Catalano.

HD 215038

Aus den ersten lichtelektrischen Beobachtungen dieses Sternes leitete Jarzeowski (1961) die Periode $P = 2^d0357$ ab. Mit Jarzeowskis Epoche errechnete Stepien (1968) aus seinen Messungen eine Periode $P = 2^d036$. Die letzte photoelektrische Untersuchung dieses Magnetsternes führten Blanco und Mitarbeiter (1973) aus. Sie gaben für die beste Zusammenfassung aller bisherigen Beobachtungen die verbesserte Periode $P = 2^d03763$ an.

Die in Figur 14 dargestellten Lichtkurven aus unseren Messungen zeigen keine besonderen Merkmale. Alle drei Lichtkurven sind als gut symmetrisch zu bezeichnen, und die Intensitätsmaxima treten zu den gleichen Phasen ein: gleiche Verhältnisse liegen bei den anderen Autoren vor. Die innere Genauigkeit der Messwerte ist sehr hoch. Die Amplitude ist wie bei vielen Ap-Sternen in U' am grössten, $\Delta U = 0^m100$, $\Delta B = 0^m055$, $\Delta V = 0^m060$. Aus den schon veröffentlichten Minima-Epochen und unseren Beobachtungen lässt sich die Periodenlänge wie folgt verbessern:

$$JD (V' \text{ max}) = 2438350.57 + 2^d037638 E$$

HD 219749

Die ersten lichtelektrischen Beobachtungen machte Provin (1953) und fand einige Hinweise auf Veränderlichkeit. Die Messungen von Rakosch (1963) in $U'B'V'$ ergaben die Periodizität des Lichtwechsels mit der Periode $P = 2^d604$. Dieses Beobachtungsmaterial untersuchte noch einmal Renson (1965) und gelangte zu der viel kürzeren Periode $P = 0^d723$. Die Zehnfarbenmessungen von Schöneich und Mitarbeiter (1976) wurden mit einer dritten, wieder ganz anderen Periode $P = 1^d61553$ reduziert, die auch Messungen von Rakosch besser darstellen soll.

Unsere mit den drei genannten Perioden reduzierten Messwerte lassen aufgrund des Kurvenverlaufes keine klare Entscheidung zu; die 0^d723 -Kurven sind mit ihrer grossen Streuung in engen Phasenbereichen am wenigsten wahrscheinlich. In U' zeigen alle drei Kurven ein gegenüber dem Minimum breiteres Maximum; in B' ist die Form umgekehrt, Figur 15. Die geringste Streuung weisen die B' -Kurven auf. Die starke Streuung vor allem in U' und V' deutet auf zusätzliche, den periodischen Helligkeitsschwankungen überlagerte unregelmässige Fluktuationen hin. Schöneichs Kurven zeigen – abgesehen von den sehr zweifelhaften sekundären Minima – in den entsprechenden Filtern mit unseren und Rakoschs Kurven von 1960 merkwürdigerweise einen qualitativ ähnlichen Verlauf. Rakosch berichtet von einer leichten Asymmetrie seiner wesentlich davon verschiedenen Kurve im Ultravioletten. Ähnliche Eigenschaften lassen auch unsere Kurven seiner 1963er Messungen erkennen.

Bei allen vorliegenden Lichtkurven ist die Amplitude in U' am grössten, fast doppelt so gross wie in den anderen beiden Spektralbereichen.

Die Anpassung der drei Perioden an die Epochen der verschiedenen Beobachtungen führt auch zu keiner Entscheidung. Alle drei Perioden passen gleich gut in die Zeiträume zwischen den Maxima bzw. Minima. Wir wählten die 2.604 Tage für die Darstellung unserer Beobachtungen.

$$JD (U' \text{ max}) = 2438284.67 + 2^d604 E$$

DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Neben der erwarteten Verbesserung der Periodenlängen ist es doch bei einigen Sternen nicht gelungen die „wahren“ Perioden zu ermitteln. Es ist zu befürchten, dass noch etliche Periodenwerte falsch sind. Schuld an dieser Situation sind neben anderen Faktoren auch die unregelmässigen Schwankungen der Helligkeit bei manchen dieser Sterne.

Die bei zwei Ap-Sternen gefundenen und von anderen Autoren ebenfalls vermuteten kurzperiodischen Helligkeitsschwankungen legen die Vermutung nahe, dass dieses Phänomen bei Ap-Sternen keine seltene Ausnahmeerscheinung darstellt. Wenn die Lichtkurven des Grundlichtwechsels periodisch sind, die Periodenlänge durch verschiedene Beobachter gesichert erscheint, sollten bei starker Streuung der Messdaten, längere Messreihen pro Nacht durchgeführt werden, um zu prüfen, ob die Streuung auf periodischen Kurzzeitpulsationen beruht. Andererseits kann auch bei unregelmässigen magnetischen und spektrumveränderlichen Sternen kleiner Helligkeitsamplitude eine doch vorhandene konstante Periodizität ausser durch Beobachtungsfehler auch durch eine der Grundperiode überlagerte sehr kurze Periode kleiner Amplitude verschleiert werden. Ebenfalls können kurzzeitige „flares“ die Periodensuche erschweren. Diese beiden Erscheinungen können mehr oder weniger in den Vordergrund treten, je nachdem mit welchem Filter die Helligkeit des Sternes gemessen wird. Die Amplitude der sekundären Periode scheint von der Phase der primären Lichtkurve abhängig zu sein. Im Maximum der Helligkeit hat die sekundäre Periode die maximale Amplitude. Es sei noch bemerkt, dass die Längen dieser sekundären Perioden (2^h30^m bzw. 1^h30^m) im Bereich der Periodenlängen der mechanischen Grundschiwingung dieser Sterne liegen.

LANGZEITIGE SCHWANKUNGEN

Eine ganz andere Art von Lichtänderungen – langzeitige Variationen in der Grössenordnung von Jahren – sind seit etwa 1970 auch Gegenstand der Diskussion über die Veränderlichkeit der magnetischen Sterne. Für HD 9996 wurden Perioden von 14 Jahren (Winzer 1974) bzw. von 22 oder 23 Jahren (Preston und Wolff 1970) in Erwägung gezogen. Aus dem Verlauf unserer Lichtkurven ist zu ersehen, dass dieser Stern mit etwa einem Monat periodisch sein könnte. Man kann aber Variationen mit Zeitskalen im Bereich von Monaten oder Jahren trotz vorhandenen „Normal“-Lichtwechsels nicht von vornherein ausschliessen. Bereits Preston und Sturch (1967) berichteten über langzeitige Änderungen der magnetischen Feldstärke bei β CrB, die jedoch von Wolff und Bonsack (1972) nicht bestätigt werden konnten.

Erste Hinweise aus längeren Beobachtungsreihen auf langsam verlaufende Helligkeitsänderungen bei Ap-Sternen, die sich der Grundperiode überlagern, erhielt Hildebrandt (1972). Bei einigen Sternen traten zwischen den einzelnen Beobachtungszeiträumen systematische Unterschiede in den Helligkeitsdifferenzen Vergleichssterne-Veränderlicher auf, die zu Verschiebungen der in den verschiedenen Beobachtungszeiträumen erhaltenen Lichtkurven bis zu mehreren hundertstel Grössenklassen führten. Einer unserer Programmsterne, HD 153882, zeigt trotz der überlagerten kurzzeitigen Fluktuationen in den um ein Jahr getrennten Beobachtungsreihen auch eine Kurvenverschiebung um $\approx 0^m01$, deren Ursache als mögliche Langzeitvariation durch weitere Beobachtungen aber erst bestätigt werden müsste.

In einer Veröffentlichung von Panov und Schöneich (1976b) geben die Autoren sieben von elf untersuchten Ap-Sternen als langfristig helligkeitsveränderlich an und betonen, dass die beobachteten Unterschiede der Helligkeitsdifferenzen nicht durch Unterschiede der Instrumentalsysteme hervorgerufen worden sind. Gleichfalls schlossen sie eine nicht richtige Berücksichtigung der Extinktion als Ursache aus, ebenso eine Variabilität der Vergleichssterne durch Kontrollmessungen.

Hinsichtlich der Entdeckungswahrscheinlichkeit für die Langzeitschwankungen ist zu beachten, dass die Helligkeitsdifferenzen empfindlich gegenüber Änderungen des photometrischen Systems sind, so dass bei diesen Untersuchungen streng auf eine gute Definition des photometrischen Instrumentalsystems geachtet werden muss. Deshalb ist es auch schwer, aus bereits veröffentlichten Resultaten anderer Autoren Schlüsse über einen langzeitigen Lichtwechsel zu ziehen.

Die Autoren möchten hier besonderen Dank Herrn Dr. H.M. Maitzen für sein kritisches Durchlesen des Manuskriptes aussprechen.

LITERATUR

- Abt, H.D. und Golson, J.C.: 1962, *Astrophys. J.* **136**, 35.
 Aller, L.H., Ross, J.E. und Zimmermann, R.E.: 1970, *Astrophys. Space Sci.* **8**, 267.
 Babcock, H.W.: 1958, *Astrophys. J. Suppl.* **3**, 141.
 Blanco, C. und Catalano, F.A.: 1968, *Mem. Soc. Astron. Ital.* **XXXIX**, 4, 579.
 Blanco, C., Catalano, F.A. und Vaccari, S.: 1973, *Astron. J.* **78**, 734.
 Burke, E.W., Rice, J.B. und Wehlau, H.W.: 1969, *Publ. Astron. Soc. Pacific* **81**, 883.
 Burke, E.W., Rolland, W.W. und Boy, W.R.: 1970, *J. Roy. Astron. Soc. Canada* **64**, 353.
 Conti, P.S.: 1969, *Astrophys. J.* **156**, 661.
 Deutsch, A.J.: 1947, *Astrophys. J.* **105**, 283.
 Elvius, A. und Engberg, M.: 1967, *Uppsala. Astron. Obs. Medd.* **24**, 387.
 Genderen, A.M. van: 1970, *Astron. Astrophys. Suppl.* **1**, 123.
 Genderen, A.M. van: 1971, *Astron. Astrophys.* **14**, 48.
 Gjellestad, G. und Babcock, H.W.: 1953, *Astrophys. J.* **117**, 12.
 Hildebrandt, G.: 1972, Dissertation AdW der DDR.
 Hockey, M.S.: 1971, *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.* **152**, 97.
 Jarzebowski, T.: 1960, *Acta Astron.* **10**, 31.
 Jarzebowski, T.: 1961, *Acta Astron.* **11**, 191.
 Ledoux, P.: 1967, in R.C. Cameron (ed.), *The Magnetic and Related Stars* Mono Book Corporation, Baltimore, p. 65.
 Panov, K. und Schöneich, W.: 1976a, *Astron. Nachr.* **297**, 33.
 Panov, K. und Schöneich, W.: 1976b, *Astron. Nachr.* **297**, 177.
 Preston, G.W. und Pyper, D.M.: 1965, *Astrophys. J.* **142**, 983.
 Preston, G.W. und Sturch, C.: 1967, in R.C. Cameron (ed.), *The Magnetic and Related Stars*, Mono Book Corp., Baltimore, p. 111.
 Preston, G.W.: 1969, *Astrophys. J.* **158**, 251.
 Preston, G.W. und Wolff, S.C.: 1970, *Astrophys. J.* **160**, 1071.
 Provin, S.S.: 1953, *Astrophys. J.* **118**, 489.
 Rakosch, K.D.: 1963, *Lowell Obs. Bull.* no. 117.
 Rakosch, K.D.: 1964, *Lowell Obs. Bull.* no. 121.
 Renson, P.: 1965, *Bull. Soc. Roy. Sci. Liège* no. 5-6, 302.
 Renson, P.: 1966, *Bull. Soc. Roy. Sci. Liège* no. 3-4, 244.
 Renson, P.: 1972, *Astron. Astrophys.* **18**, 159.
 Schöneich, W., Hildebrandt, G. und Fürtig, W.: 1976, *Astron. Nachr.* **297**, 39.
 Steinitz, R.: 1965, *Bull. Astron. Inst. Neth.* **18**, 125.
 Steinitz, R. und Pyper, D.M.: 1971, *Astrophys. Space Sci.* **11**, 322.
 Stepien, K.: 1968, *Astrophys. J.* **154**, 945.
 Tanner, R.W.: 1948, *J. Roy. Astron. Soc. Canada* **42**, 177.
 Wehlau, W.: 1962, *Publ. Astron. Soc. Pacific* **74**, 137.
 Winzer, J.E.: 1964, Doctor-thesis, D. Dunlap Obs., Toronto.
 Wolff, S.C. und Morrison, N.D.: 1973, *Publ. Astron. Soc. Pacific* **85**, 141.
 Wolff, S.C. und Morrison, N.D.: 1975, *Publ. Astron. Soc. Pacific* **87**, 231.
 Wolff, S.C. und Bonsack, W.K.: 1972, *Astrophys. J.* **176**, 425.
 Zimmermann, R.E., Aller, L.H. und Ross, J.E.: 1970, *Astrophys. J.* **161**, 179.

K.D. Rakosch*

Universitätssternwarte
 Türkenschanzstrasse 17
 A-1180 Wien (Austria)

W. Fiedler

Nachtigallenweg 3
 D-8520 Erlangen (Federal Republic of Germany)

* Send offprint requests to K.D. Rakosch.

Tabelle 1: Die Helligkeitsdifferenzen der beobachteten Ap-Sterne für die *UBV* Filter, geordnet nach der Zeit der Beobachtung

HD 30466 - HD 30378											HD 33254 - HD 33368											HD 42616 - HD 42141											HD 74521 - HD 73143											HD 18296 - HD 18157										
HD 30466 - HD 30378											HD 33254 - HD 33368											HD 42616 - HD 42141											HD 74521 - HD 73143											HD 18296 - HD 18157										
J.D. 2438000 +	Phase	ΔU	ΔB	ΔV		J.D. 2438000 +	ΔU	ΔB	ΔV		J.D. 2438000 +	Phase	ΔU	ΔB	ΔV		J.D. 2438000 +	Phase	ΔU	ΔB	ΔV		J.D. 2438000 +	Phase	ΔU	ΔB	ΔV		J.D. 2438000 +	Phase	ΔU	ΔB	ΔV																					
303.821	0.555	0.770				303.797	-0.137				303.797	-0.137					335.770	0.284	-0.714	-0.434			335.770	0.284	-0.714	-0.434			343.848	0.999	-1.377	-1.963																						
304.788	0.669	0.771				304.803	-0.138				304.803	-0.138					341.801	0.638	-0.702	-0.418	-0.173		341.801	0.638	-0.702	-0.418	-0.173		345.843	0.691	-1.388	-1.987																						
327.823	0.000	0.726				327.833	-0.128				327.833	-0.128					343.818	0.760	-0.718	-0.431	-0.176		343.818	0.760	-0.718	-0.431	-0.176		360.802	0.878	-1.389	-1.974																						
335.725	0.114	0.746				335.738	-0.130				335.738	-0.130					345.822	0.875	-0.715	-0.425	-0.169		345.822	0.875	-0.715	-0.425	-0.169		366.834	0.969	-1.379	-1.966																						
341.735	0.201	0.755	0.265	0.163		341.770	-0.131	0.538	0.696		341.770	-0.131	0.538	0.701			360.775	0.191	-0.692	-0.408	-0.185		360.775	0.191	-0.692	-0.408	-0.185		367.800	0.304	-1.410	-1.991																						
343.761	0.230	0.762	0.268	0.164		343.791	-0.132	0.538	0.701		343.791	-0.132	0.538	0.701			364.791	0.424	-0.694	-0.413	-0.153		364.791	0.424	-0.694	-0.413	-0.153		369.790	0.994	-1.392	-1.985																						
344.787	0.245	0.763	0.259	0.151		345.793	-0.131	0.539	0.708		345.793	-0.131	0.539	0.708			369.762	0.189	-0.707	-0.418	-0.166		369.762	0.189	-0.707	-0.418	-0.166		377.664	0.724	-1.418	-2.020																						
345.761	0.259	0.761	0.264	0.160		348.704	-0.127	0.546	0.718		348.704	-0.127	0.546	0.718			371.645	0.236	-0.693	-0.407	-0.169		371.645	0.236	-0.693	-0.407	-0.169		378.636	0.061	-1.401	-1.982																						
348.678	0.301	0.763	0.263	0.164		350.775	-0.136	0.528	0.669		350.775	-0.136	0.528	0.669			376.697	0.046	-0.679	-0.394	-0.152		376.697	0.046	-0.679	-0.394	-0.152		381.664	0.111	-1.396	-1.993																						
350.748	0.331	0.765	0.253	0.156		356.773	-0.132	0.528	0.677		356.773	-0.132	0.528	0.677			377.634	0.567	-0.674	-0.405	-0.141		377.634	0.567	-0.674	-0.405	-0.141		383.656	0.801	-1.401	-1.997																						
356.750	0.417	0.770	0.261	0.164		360.742	-0.135	0.507	0.675		360.742	-0.135	0.507	0.675			378.655	0.134	-0.700	-0.406	-0.165		378.655	0.134	-0.700	-0.406	-0.165		391.643	0.571	-1.392	-1.994																						
357.684	0.430	0.762	0.264	0.162		364.780	-0.133	0.535			364.780	-0.133	0.535				380.688	0.265	-0.692	-0.411	-0.148		380.688	0.265	-0.692	-0.411	-0.148		392.695	0.935	-1.386	-1.986																						
360.710	0.470	0.770	0.262	0.166		369.727	-0.136	0.504	0.681		369.727	-0.136	0.504	0.681			381.628	0.788	-0.722	-0.429	-0.185		381.628	0.788	-0.722	-0.429	-0.185		393.686	0.280	-1.403	-2.007																						
361.768	0.489	0.767	0.260			371.602	-0.136	0.495	0.676		371.602	-0.136	0.495	0.676			383.631	0.902	-0.719	-0.418	-0.170		383.631	0.902	-0.719	-0.418	-0.170		396.742	0.339	-1.415	-2.002																						
364.750	0.532	0.774	0.267	0.171		376.673	-0.134				376.673	-0.134					385.620	0.008	-0.688				385.620	0.008	-0.688				397.671	0.661	-1.403	-2.002																						
365.793	0.547	0.767	0.270	0.162		377.602	-0.135	0.481			377.602	-0.135	0.481				385.703	0.054	-0.687	-0.411			385.703	0.054	-0.687	-0.411			397.671	0.661	-1.403	-2.002																						
366.809	0.562	0.765	0.271			378.622	-0.132				378.622	-0.132					385.609	0.002					385.609	0.002					398.694	0.015	-1.385	-1.981																						
367.770	0.576	0.764	0.269	0.166		380.665	-0.133				380.665	-0.133					385.657	0.029	-0.697	-0.410			385.657	0.029	-0.697	-0.410																												
						381.602	-0.138	0.534	0.710		381.602	-0.138	0.534	0.710			385.719	0.063	-0.697	-0.400			385.719	0.063	-0.697	-0.400																												
						383.603	-0.138	0.530	0.713		383.603	-0.138	0.530	0.713			386.563	0.532	-0.697				386.563	0.532	-0.697																													
																	386.617	0.562	-0.695				386.617	0.562	-0.695																													
																	386.661	0.587	-0.684				386.661	0.587	-0.684																													
																	386.724	0.622	-0.685				386.724	0.622	-0.685																													
																	386.576	0.540		-0.407			386.576	0.540		-0.407																												
																	386.630	0.570		-0.402			386.630	0.570		-0.402																												
																	386.684	0.600		-0.398			386.684	0.600		-0.398																												
																	386.733	0.627		-0.397			386.733	0.627		-0.397																												
																	387.626	0.124	-0.713				387.626	0.124	-0.713																													
																	387.578	0.097		-0.418			387.578	0.097		-0.418																												

Tabelle 1 (fortsetzung)

HD 133029 - HD 133962

J.D.	Phase	ΔU	ΔB	ΔV
236.699	0.349	0.444	0.662	0.767
237.698	0.695	0.461	0.683	0.782
238.765	0.061	0.454	0.772	0.772
240.722	0.742	0.452	0.678	0.781
524.837	0.116	0.444	0.664	0.762
525.834	0.461	0.458	0.683	0.772
526.847	0.812	0.454	0.672	0.774
542.765	0.324	0.440	0.653	0.753
543.722	0.555	0.462	0.770	0.770
544.772	0.019	0.446	0.658	0.756
545.770	0.364	0.444	0.626	0.752
546.770	0.710	0.459	0.671	0.764
527.829	0.152	0.450	0.671	0.764
528.842	0.503	0.448	0.685	0.775
537.756	0.589	0.460	0.678	0.759

HD 145389 - HD 144206

J.D.	Phase	ΔU	ΔB	ΔV
2438000 +				
523.825	0.078	-0.369	-0.450	-0.486
524.861	0.211	-0.380	-0.450	-0.485
525.865	0.339	-0.382	-0.451	-0.483
526.878	0.468	-0.383	-0.449	-0.490
527.861	0.595	-0.388	-0.450	-0.488
528.854	0.721	-0.383		
537.773	0.859	-0.380		
542.784	0.449	-0.377		
544.784	0.755	-0.380		
545.783	0.882	-0.378		
547.683	0.955	-0.386		
578.661	0.080	-0.372		
579.672	0.209	-0.380		
580.708	0.341	-0.383		
581.690	0.467	-0.386		
583.679	0.721	-0.382		
584.684	0.849	-0.372		

HD 153882 - HD 153376

J.D.	Phase	ΔU	ΔB	ΔV
2438000 +				
229.770	0.548	-1.301	-1.140	-0.645
235.707	0.537	-1.283	-1.135	
235.741	0.543		-1.138	-0.647
236.770	0.714	-1.310	-1.141	-0.655
237.754	0.878	-1.317	-1.145	-0.660
238.775	0.047	-1.291		
240.770	0.380	-1.299	-1.150	-0.665
262.665	0.022		-1.147	
262.690	0.028		-1.137	-0.661
283.677	0.522	-1.292		-0.646
284.658	0.685	-1.314	-1.151	-0.657
285.614	0.844	-1.312		
285.633	0.847		-1.161	
287.627	0.179	-1.288	-1.145	-0.671
291.613	0.843	-1.317		-0.674
295.612	0.508	-1.298		-0.656
296.604	0.674	-1.300		-0.663
577.715	0.467	-1.302		
578.690	0.629	-1.307		
579.699	0.797	-1.324		
580.722	0.967	-1.312		
581.762	0.141	-1.302		
582.764	0.307	-1.311		
583.703	0.464	-1.294		

HD 173650 - HD 174261

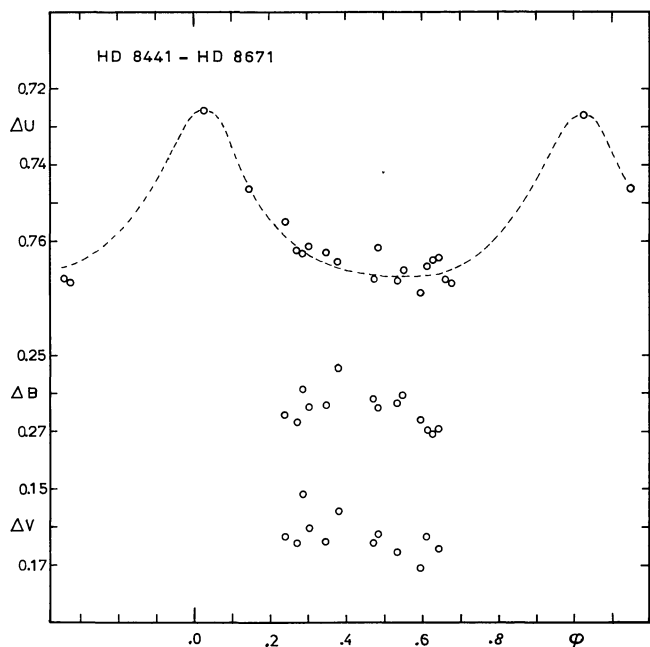
J.D.	Phase	ΔU	ΔB	ΔV
2438000 +				
262.756	0.835	-0.438	-0.287	-0.245
283.718	0.903	-0.467	-0.293	-0.259
284.715	0.001	-0.483	-0.300	-0.272
287.709	0.297	-0.404	-0.259	-0.215
291.658	0.687	-0.411		-0.232
292.638	0.783	-0.437	-0.285	-0.245
293.626	0.881	-0.464	-0.294	-0.262
294.670	0.984	-0.474	-0.298	-0.267
295.651	0.080	-0.463	-0.296	-0.263
296.644	0.178	-0.427	-0.284	-0.236
297.611	0.274	-0.408	-0.266	-0.226
298.604	0.372	-0.401	-0.261	-0.229
299.597	0.470	-0.399	-0.254	-0.230
300.613	0.570	-0.406	-0.268	-0.227
577.747	0.914	-0.407		
578.739	0.011	-0.404		
579.735	0.110	-0.401		
580.742	0.209	-0.409		
581.769	0.310	-0.442		
582.787	0.411	-0.463		
583.736	0.504	-0.475		
584.779	0.607	-0.467		

HD 219749 - HD 219891

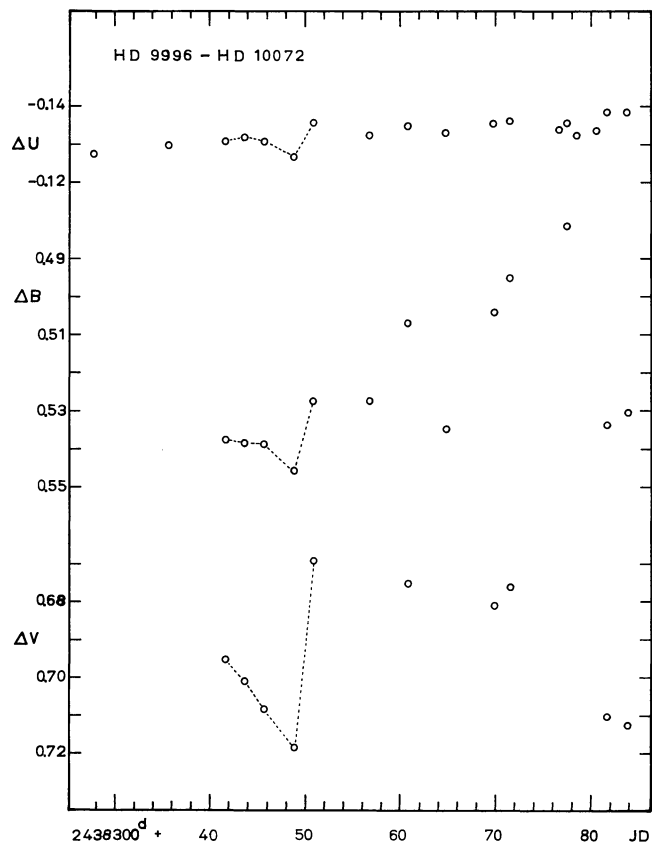
J.D.	Phase	ΔU	ΔB	ΔV
2438000 +				
284.851	0.069	-0.140		-0.051
284.875	0.078	-0.133	-0.221	-0.053
300.785	0.188	-0.154	-0.220	
303.683	0.301	-0.113	-0.219	-0.040
304.691	0.688	-0.139	-0.229	-0.054
306.669	0.448	-0.112	-0.222	-0.041
310.772	0.024	-0.131	-0.220	-0.047
314.802	0.571	-0.112	-0.216	-0.043
315.723	0.925	-0.146	-0.235	-0.057
316.750	0.319	-0.136	-0.220	-0.046
317.772	0.712	-0.144		-0.053
318.765	0.093	-0.139	-0.220	-0.032
320.773	0.864	-0.143	-0.237	-0.054

HD 215038 - 1/2(HD 215250 + HD 215303)

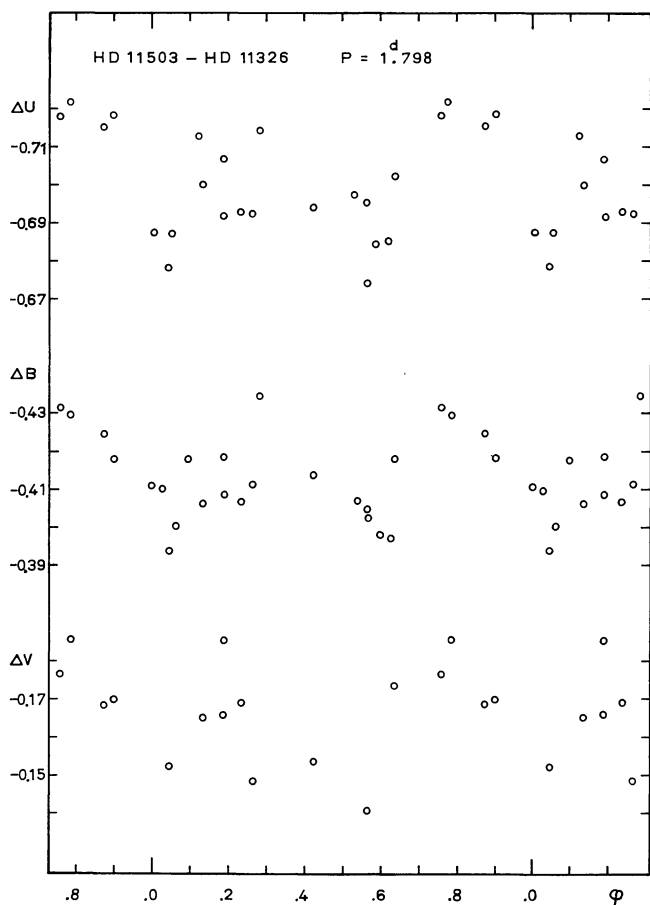
J.D.	Phase	ΔU	ΔB	ΔV
2438000 +				
297.833	0.119	0.080		-0.171
314.749	0.420	0.080	0.310	-0.122
315.657	0.866	0.023	0.258	-0.229
320.728	0.355	0.056	0.289	-0.147
324.790	0.348	0.061	0.291	-0.136
327.774	0.812	0.049	0.267	-0.149
329.676	0.746	0.049		
335.674	0.690	0.063	0.298	-0.135
341.677	0.636	0.082	0.299	-0.129
343.582	0.571	0.095	0.313	-0.116
344.749	0.143	-0.001		-0.165
345.573	0.548	0.099	0.306	-0.116
348.593	0.030	-0.003	0.245	-0.171
350.578	0.004	0.003	0.237	-0.176
356.619	0.969	0.002	0.240	-0.173
357.604	0.452	0.094	0.313	-0.118



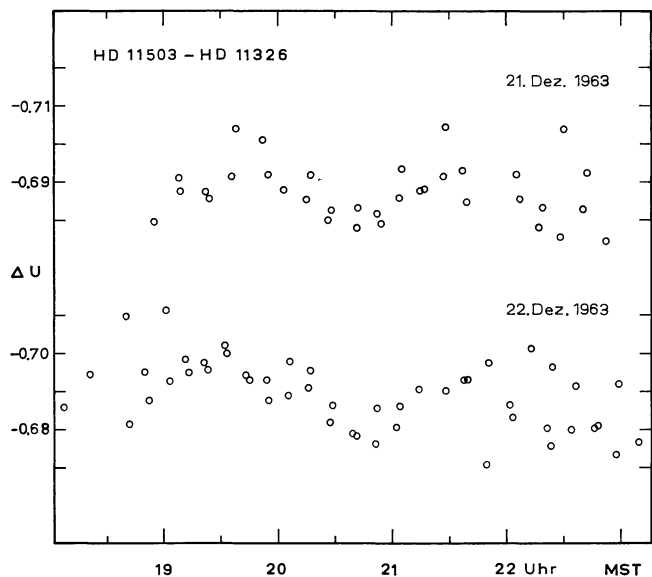
Figur 1 Die Messungen der Helligkeitsdifferenzen des Sternes HD 8441.



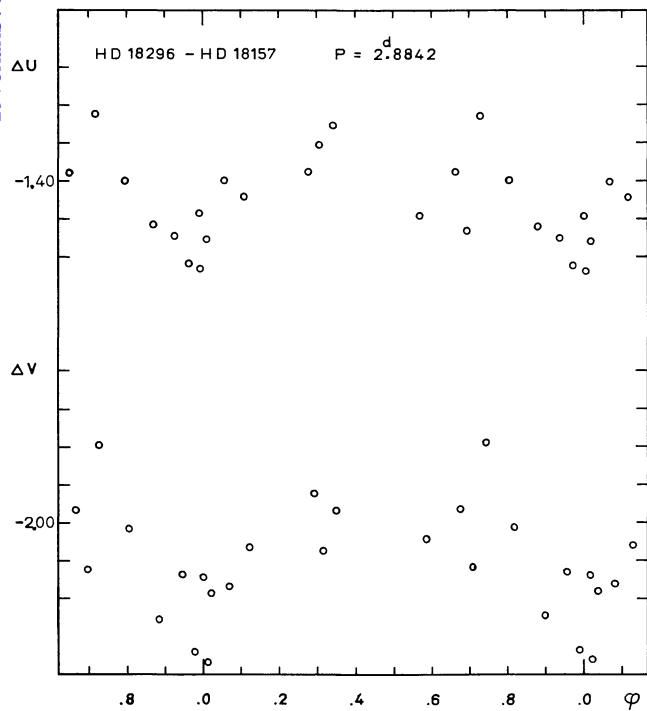
Figur 2 Die zeitliche Änderung der Helligkeit von HD 9996.



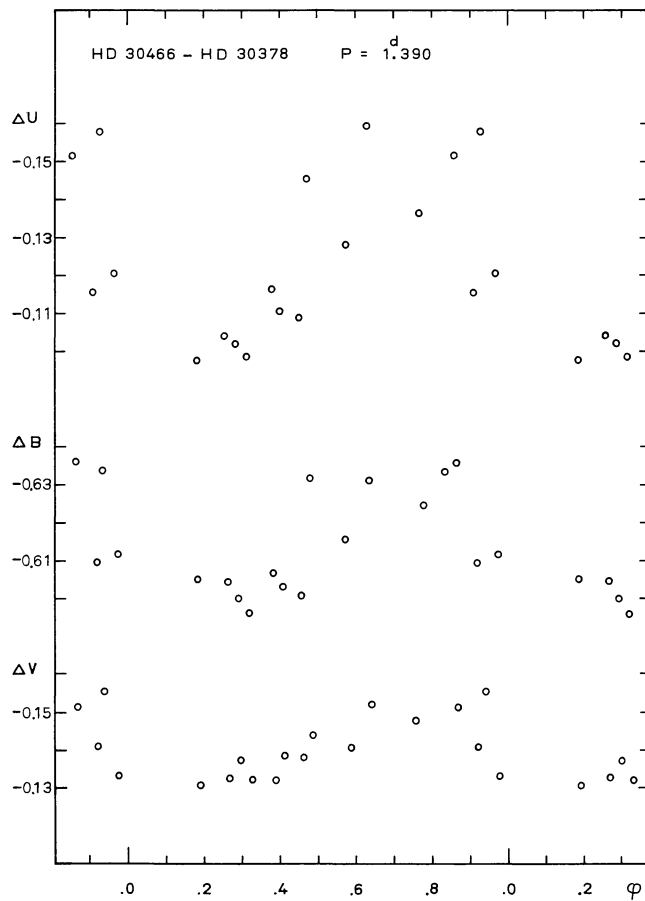
Figur 3 Die Änderung der Helligkeit des Sternes HD 11503.



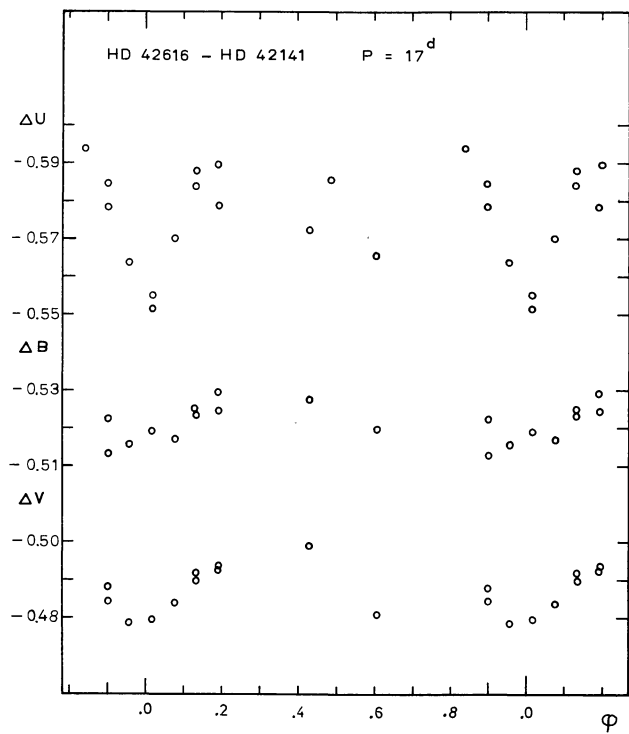
Figur 4 Kurzperiodische Schwankungen der Helligkeit des Sternes HD 11503.



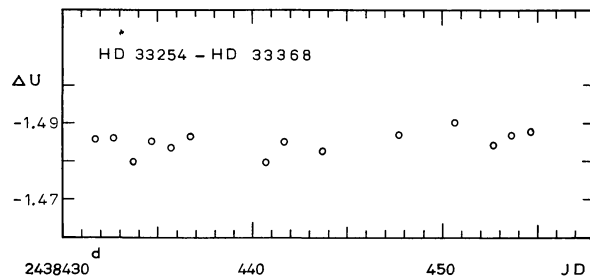
Figur 5 Die Änderung der Helligkeit des Sternes HD 18296.



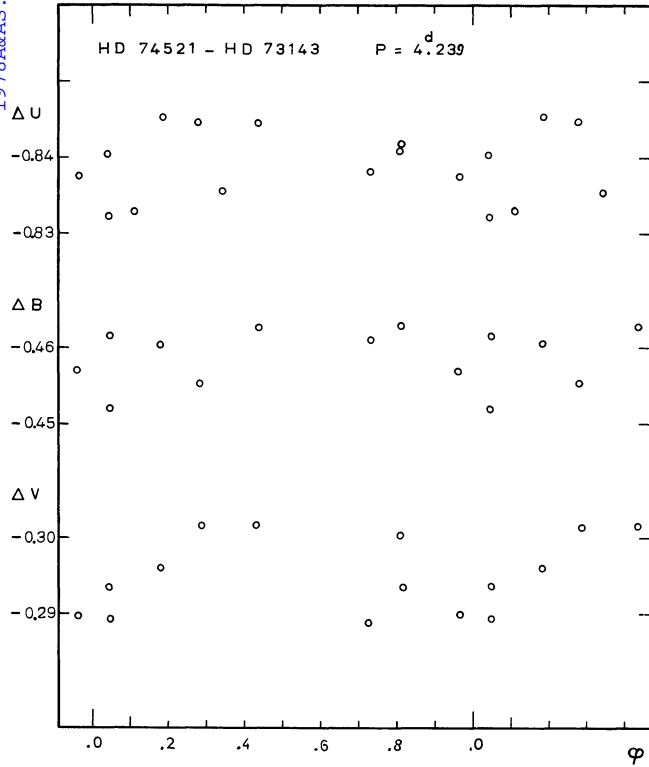
Figur 6 Die Änderung der Helligkeit des Sternes HD 30466.



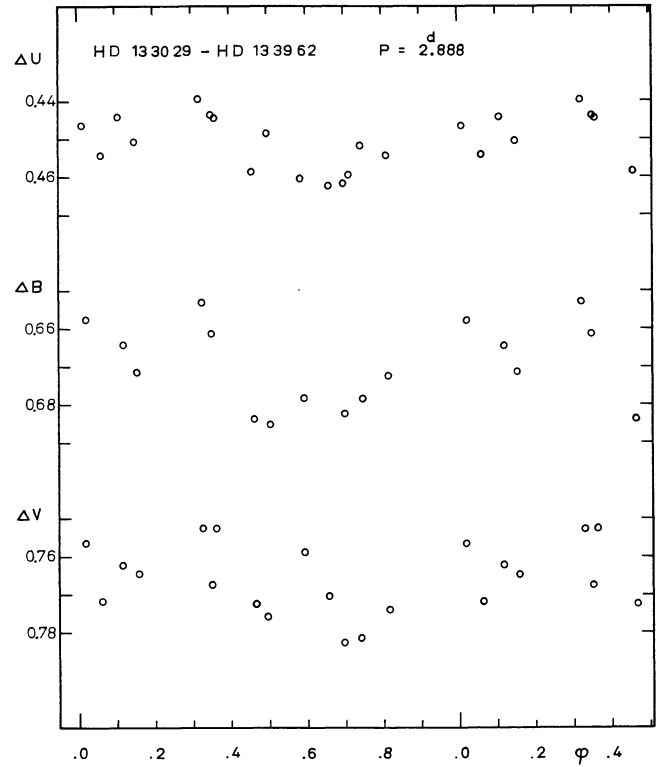
Figur 8 Die Änderung der Helligkeit des Sternes HD 42616.



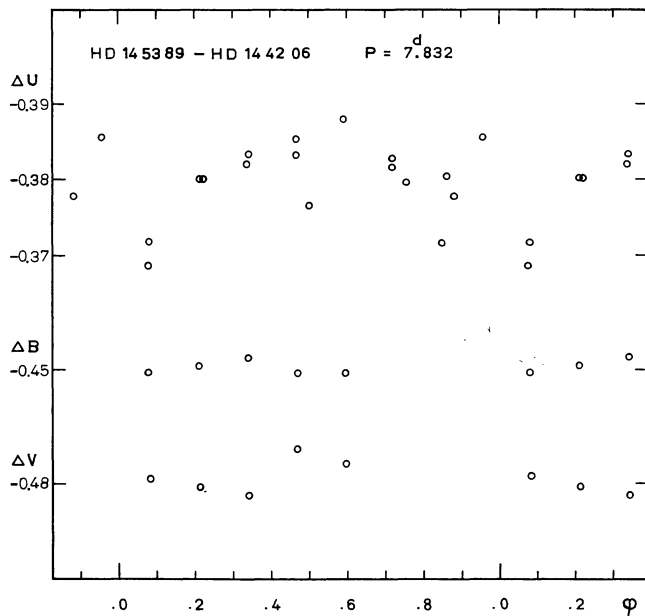
Figur 7 Die zeitliche Änderung der Helligkeit des Sternes HD 33254.



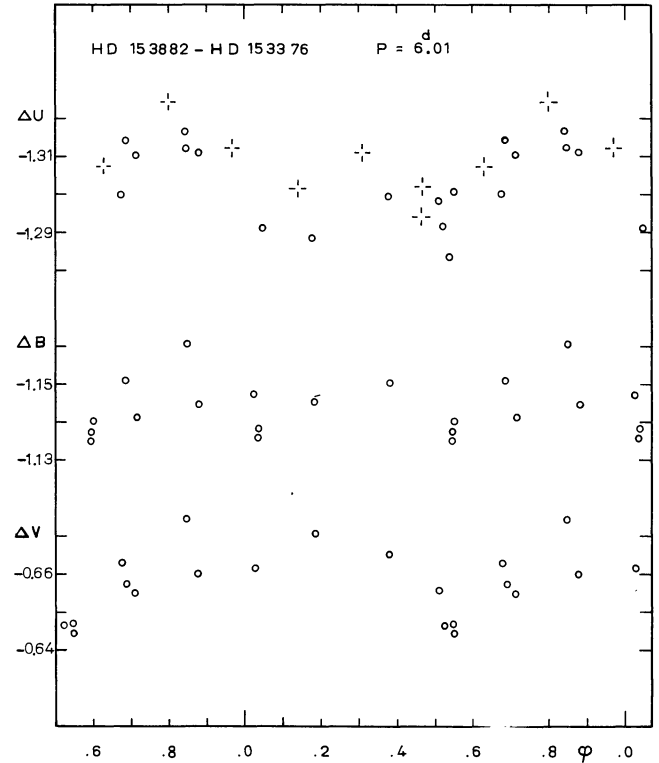
Figur 9 Die Änderung der Helligkeit des Sternes HD 74521.



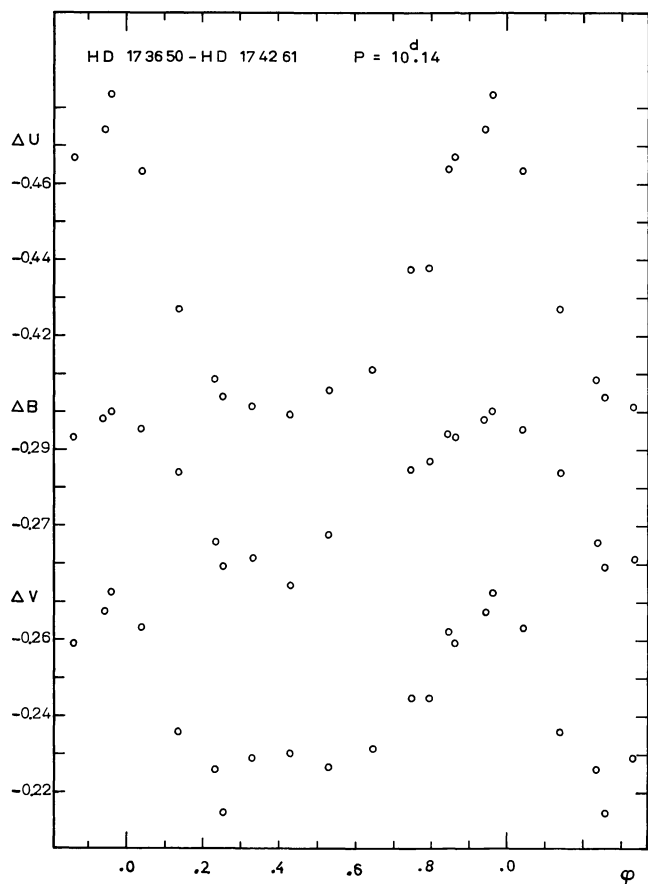
Figur 10 Die Änderung der Helligkeit des Sternes HD 133029.



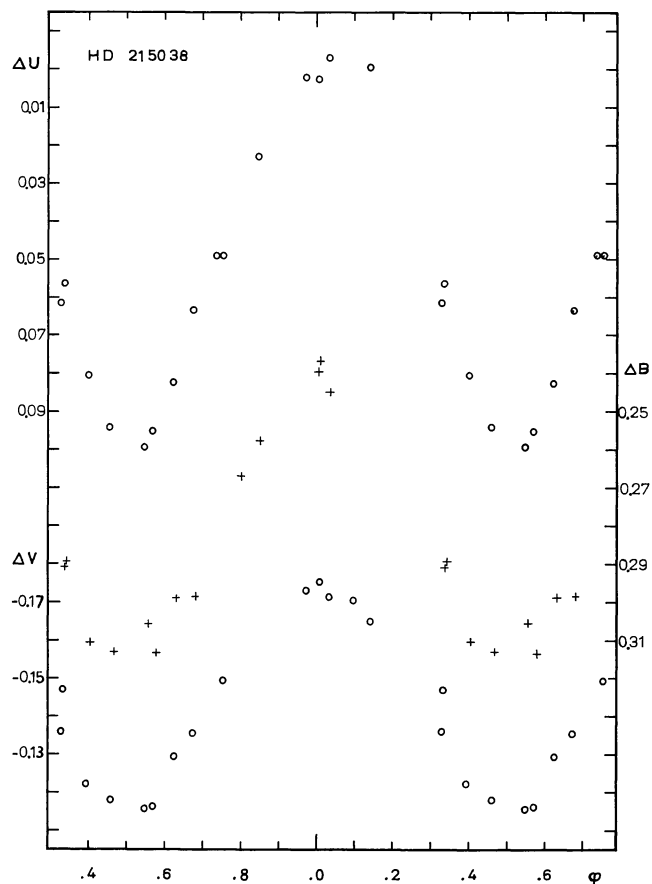
Figur 11 Die Änderung der Helligkeit des Sternes HD 145389.



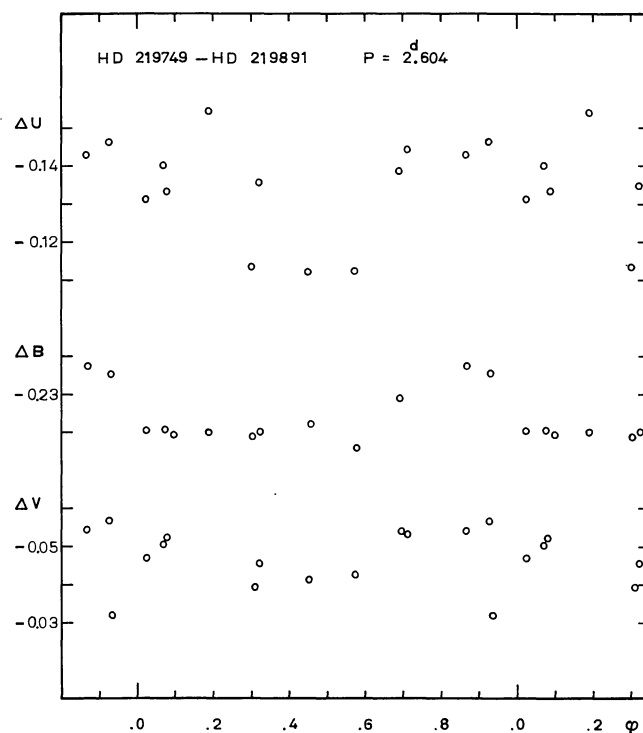
Figur 12 Die Änderung der Helligkeit des Sternes HD 153882. Die Helligkeitswerte ΔU gemessen 1964 (Kreuze) liegen um 0^m01 über denen von 1963 (Kreise).



Figur 13 Die Änderung der Helligkeit des Sternes HD 173650.



Figur 14 Die Änderung der Helligkeit des Sternes HD 215038. Die Vergleichssterne HD 215250 und HD 215303 wurden mitbeobachtet und die aufgetragene Differenz bezieht sich auf den Mittelwert der beiden Vergleichssterne.



Figur 15 Die Änderung der Helligkeit des Sternes HD 219749.