

Fotografische Lichtkurven der Mirasterne V388 und V389 Lacertae

Michael Geffert, Julian Dräger, Philip Hauer

Abstract: *Photographic observations made at Hoher List observatory of a field of $1.5^{\circ} \times 1.5^{\circ}$ in the Lac OB1 association were analysed. Light curves of the variable stars V388 Lac and V389 Lac were determined. Our measurements confirm the variability of the period of V388 Lac and V389 Lac. In the field, we also found a new candidate of a variable star.*

Einleitung

Die *Sammlung historischer Himmelsaufnahmen der Bonner Universität* beherbergt das gesamte fotografische Material, das mit Teleskopen des Observatoriums von 1954 bis 1997 aufgenommen worden ist. Viele dieser Aufnahmen sind bis heute nur teilweise oder gar nicht ausgewertet worden, da eine Analyse seinerzeit nur mit Scanmaschinen möglich war, die einen großen personellen und technischen Aufwand erforderten.

In der heutigen Zeit ermöglichen kostengünstige Flachbettscanner, den Scan und die Bearbeitung von fotografischen Himmelsaufnahmen, die vor Jahren noch undenkbar schienen. Mit dem *Schülerlabor Küstner* wurde in Bonn ein Projekt gestartet, um Fotoplatten auszuwerten und zum Beispiel Lichtkurven von veränderlichen Sternen abzuleiten. Fotografische Helligkeitsmessungen sind in der Regel um einen Faktor 5-10 ungenauer als Daten von modernen CCD Aufnahmen. Ihr wissenschaftlicher Wert kann nur darin bestehen, Messdaten aus solchen Beobachtungsepochen zu bestimmen, die Astronomen sonst unerschlossen blieben.

Aufnahmen und Messung

Unter den Teleskopen des Observatoriums Hoher List, das im Jahr 2012 geschlossen wurde, befindet sich auch ein ($D=0.3\text{m}$; $f=1.5\text{m}$) Astrograph, mit dem zahlreiche Aufnahmen eines Feldes von $6^{\circ} \times 6^{\circ}$ Grad aufgenommen worden waren. Insbesondere entstanden in den Jahren 1969 bis 1973 Aufnahmeserien von jeweils 60 bis 100 Platten der Sternassoziationen Cep OB2, Cyg T1/T2, Lac OB2 und Per OB2 (Schmidt & Giesecking, 1977). Für die Platten wurden blauempfindliche Emulsionen verwendet, so dass der Farbbereich in etwa dem Johnsonschen B-Bereich entsprach.

Um Erfahrungen bei der Bestimmung von Lichtkurven aus fotografischem Material zu sammeln, konzentrierten wir uns auf ein etwa $1.5^{\circ} \times 1.5^{\circ}$ großer Unterfeld der Assoziation Lac OB1. Das Unterfeld wurde so gewählt, dass es auch die bekannten Mirasterne V388 Lac und V389 Lac enthielt. 60 Fotoplatten wurden auf einem EPSON 4990 Scanner digitalisiert und mit dem Programm ASTROART 4.0 ausgewertet. Die Verwendung dieses Programmes ermöglichte es, die Rohreduktion der Aufnahmen auch durch Schüler durchführen zu lassen. Für die weitere Bearbeitung verwendeten wir eine eigene Programmbibliothek für astrometrische und fotometrische Messungen.

Das σ_m/m -Diagramm zum Auffinden veränderlicher Sterne

Jede Aufnahmen lieferte zunächst instrumentelle Helligkeiten der Sterne. Diese wurden auf eine Referenzaufnahme transformiert. Für jeden Stern errechnete ein Programm dann eine mittlere Helligkeit und deren Streuung. Helligkeiten und Streuung der gesamten Sterne wurden in einem Diagramm gegeneinander aufgetragen. In einem solchen σ_m/m -Diagramm zeigen sich veränderliche Sterne als Sterne mit

hohem σ_m/m -Wert (z.B. Enders-Brehm 2012). Während der Bearbeitung des Materials ergab sich, dass die Platten mit einer Kodak 103a-O-Emulsion den Fotoplatten der AGFA SCIENTA hinsichtlich fotometrischer und astrometrischer Messgenauigkeit deutlich überlegen waren. Aus diesem Grunde verwendeten wir bei der Suche nach veränderlichen Sternen erst einmal nur die Messungen der KODAK-Platten. Abbildung 1 zeigt das entsprechende Diagramm für alle Sterne, die mindestens auf 12 KODAK-Platten abgebildet waren. An Hand von Abbildung 1 wurden alle Sterne mit einem σ_m/m größer als 3σ für weitere Untersuchungen herausgesucht. Es ergaben sich 18 Sterne als Kandidaten für variable Sterne, die mit Hilfe des Periodensuchprogramms PerSea (Maciejewski, 2007) weiter analysiert wurden. Diese Gruppe der Sterne enthielt auch die beiden bekannten Mirasterne V388 Lac und V389 Lac.

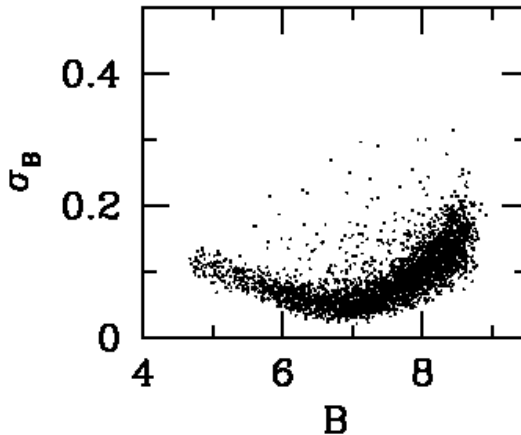


Abb. 1: Das σ_m/m -Diagramm zum Auffinden veränderlicher Sterne, die Helligkeiten sind instrumentelle B-Helligkeiten

Bestimmung der Helligkeiten

Für jeden Kandidaten aus dem letzten Kapitel wurden in einem Feld von $20' \times 20'$ alle Sterne des UCAC4-Katalogs herausgesucht. Dieser Katalog basiert zu einem großen Teil auf dem AAVSO Photometric All-Sky Survey (APASS) DR6 Katalog. Diese Sterne verwendeten wir als Referenzsterne, um für jeden Kandidaten die Helligkeit auf jeder Platte zu bestimmen. Etwa 80 Sterne pro Feld im Helligkeitsintervall von 12 bis 17.5 mag wurden verwendet. Die Streuung der Abweichungen zwischen Katalogwert und Messung betrug im Mittel 0.21 mag. Dieser Wert stellt auch ein Maß für die Genauigkeit unserer Messungen dar.

Der Mirastern V388 Lac

Der Stern V388 Lac fiel bereits nach der Reduktion weniger Platten als veränderlicher Stern in unserem Sample auf. Die Streuung seiner Helligkeiten liegt mit 0.7 außerhalb des Diagramms in Abbildung 1. V388 Lac wurde von L. Dahlmark (1996) auf fotografischen Aufnahmen aus der Zeit von 1967 – 1995 entdeckt. Dahlmark bestimmte für $JD_0 = 2449250$ eine Periode von 185 Tagen. Seine Veröffentlichung enthält leider weder Einzeldaten noch eine Lichtkurve von V388 Lac. Dahlmark

registrierte ein Anwachsen der Periode. Beobachtungen im Rahmen des ROTSE-Projekts (Williams et al. 2004) von 1998 bis 2000 ergaben eine Periode von 225 Tagen.

Unsere Lichtkurve ist in Abbildung 2 zu sehen. Die Messungen überdecken den Zeitraum von 1969 bis 1973. Versuche, mit dem Periodensuchprogramm PerSea eine Periode zu bestimmen blieben, vermutlich wegen des großen Zeitintervalls und der sich ändernden Periode, unbefriedigend. Erst die Reduktion auf die Daten der ersten 500 Tage erlaubte die Bestimmung einer Periode von 243.90 Tagen bei $JD_0 = 2441183.486$ für 21 Messpunkte.

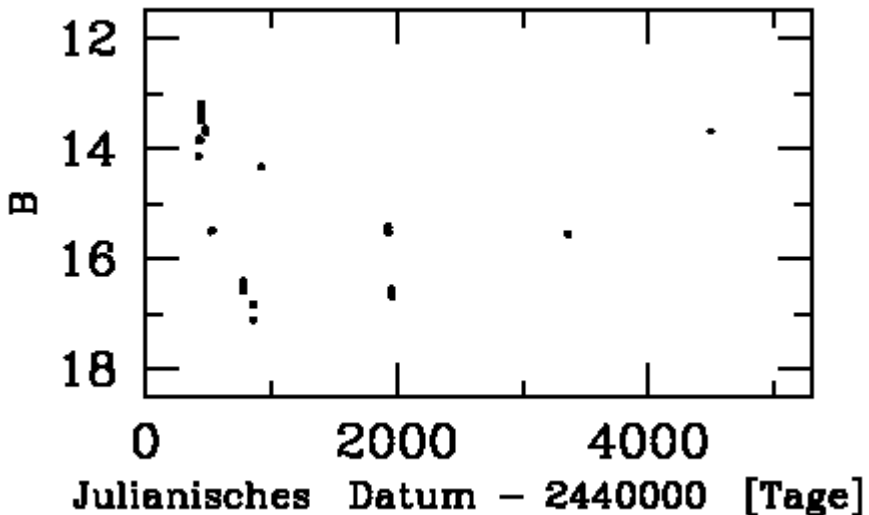


Abb. 2: Unsere Lichtkurve von V388 Lac

Der Mirastern V389 Lac

Stern V389 Lac wurde unabhängig voneinander durch Dolidze (1975) und Dahlmark (1996) entdeckt. Während Dolidze auf Grund von spektralen Eigenschaften auf die Variabilität schloss, leitete Dahlmark aus seinen Messungen eine Periode von 258 Tagen für $JD_0 = 2449480$ ab. Das ROTSE-Projekt (Williams et al. 2004) von 1998 bis 2000 lieferte eine Periode von 222 Tagen.

Auch bei diesem Stern erbrachte die Suche nach einer Periode mit PerSea nur für die ersten 500 Tage ein Ergebnis: Aus 36 von 59 Datenpunkten und einem Zeitintervall von 450 Tagen errechnete das Programm eine Periode von 263.16 Tagen für $JD_0 = 2440996.195$. Abbildung 3 zeigt das zugehörige Phasen-Diagramm unserer Messungen. Auch hier deutet der Unterschied zu den Daten des ROTSE-Projekts auf eine Periodenänderung des Sterns hin.

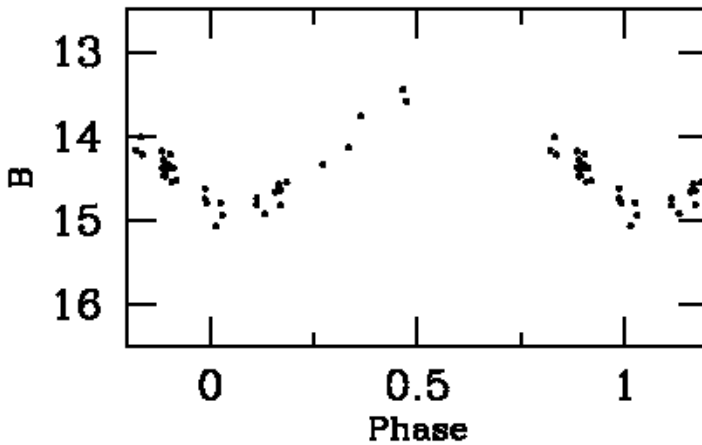


Abb. 3: Das Phasendiagramm der Lichtkurve von V389 Lac

Der Stern N2XH000087 (GSC2.3)

Alle weiteren Sterne mit großen σ_m/m -Werten aus Abbildung 1 wurden mit dem Periodensuchprogramm PerSea untersucht. Keiner der Sterne zeigte ein periodisches Verhalten. Mit Hilfe der gleichzeitig durchgeführten astrometrischen Reduktion entpuppten sich etliche „Kandidaten“ als Identifikationsproblem in dichten Sternregionen.

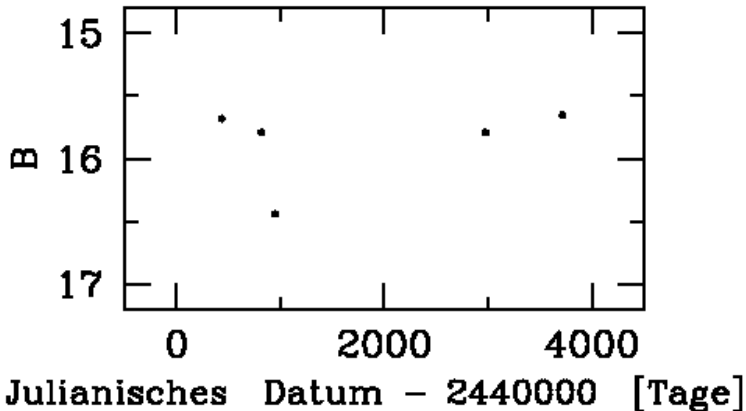


Abb. 4: B-Lichtkurve des Sterns N2XH000087 aus unseren Messungen (jeweils für ein Intervall von etwa 50 Tagen gemittelt), die Unsicherheit der gemittelten Helligkeiten beträgt etwa 0.1 mag.

Eine Ausnahme bildet der Stern mit der GSC 2.3-Nummer N2XH000087. Bei seiner Lichtkurve fiel auf, dass der Stern über weite Strecken auf einer Helligkeitsstufe blieb.

Nur fünf Messungen, verteilt über ein Intervall von 30 Tagen, zeigten einen Helligkeitsabfall von mehr als 0.5 mag. Abbildung 4 gibt die Lichtkurve des Sterns, bei der die Messungen innerhalb von fünf Intervallen jeweils gemittelt wurden, wieder.

Als Referenzsterne für die Bestimmung der Helligkeiten verwendeten wir ebenfalls Sterne des UCAC4 aus einem 20' x 20' Feld um den Stern N2XH000087.

Der Stern N2XH000087 (GSC 2.3) hat die Koordinaten:

$$\alpha_{2000} = 22\text{h}37\text{m}54.199\text{s}, \quad \delta_{2000} = +40^{\circ} 49'35.35''.$$

Weder in Simbad noch bei dem Katalog der AAVSO fand sich an dieser Position ein Eintrag. Für eine unabhängige Prüfung unserer Messergebnisse untersuchten wir die Messungen der zweiten Datenveröffentlichungen des Catalina Surveys (CSDR2, Drake et al. 2009).

Abbildung 5 zeigt die Ergebnisse. Für diese Lichtkurve wurden die Daten jeweils aus einer Nacht gemittelt. Deutlich zeigt sich auch hier der Abfall der Helligkeit in einem Datenpunkt.

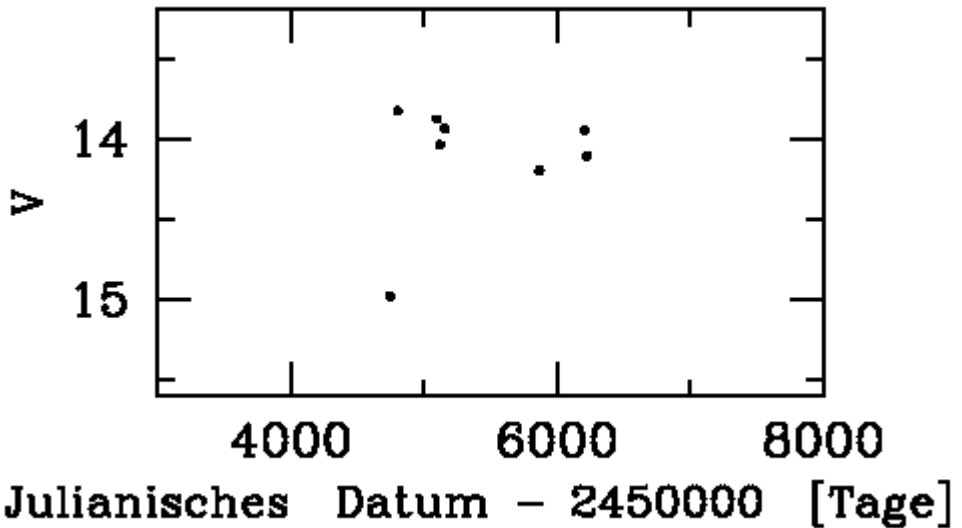


Abb. 5: B-Lichtkurve des Sterns N2XH000087 aus Messungen des Catalina Survey (jeweils für ein Intervall von einem Tag gemittelt). Die Genauigkeit der Helligkeit eines Datenpunktes beträgt wenige 0.01 mag.

Die Beobachtungen aus dem Catalina Survey erhärten den Verdacht, dass es sich bei diesem Stern um einen noch nicht bekannten variablen Stern handelt. Eine endgültige Klärung wird aber erst durch weitere Beobachtungen möglich sein.

Zusammenfassung

- Das Auffinden von veränderlichen Sternen des Typs Mira ist mit fotografischem Material möglich. Wegen möglicher Variabilitäten der Periode ist ein Vergleich mit anderen Messungen schwierig.
- Die Helligkeitswerte entsprechen den B-Werten im Johnsonschen UBV-System.
- Die Genauigkeit der Messungen der Helligkeiten und der Positionen kann durch Mehrfachscans verbessert werden. Vielleicht wird es dadurch möglich sein, die Genauigkeit von 0.2 mag noch zu steigern.
- Die astrometrische Genauigkeit von etwa 0.003 mm pro Platte erlaubt bei Feldern mit zahlreichen Aufnahmen von 1973 und früher auch die Bestimmung von Eigenbewegungen.
- Da die Messungen von L. Dahlmark als Einzelwerte nicht zur Verfügung standen, war ein Vergleich mit den Daten dieser Arbeit nicht möglich. Es erscheint deswegen sinnvoll, eine Veröffentlichung der Einzelmessungen des gesamten Projekts anzustreben.
- Als Ergänzung zu diesem Bericht soll noch erwähnt werden, dass Messungen veränderlicher Sterne sehr geeignet sind, um junge Menschen für Astronomie und Naturwissenschaften zu begeistern.

Literatur

- Dahlmark, L., (1996): Information Bulletin on Variable Stars 4329, 1
Dolidze M.V., (1975): Byull. Abastumanskaya Astrofiz. Obs., 47, 171
Drake A.J., et al. (2009): ApJ, 696, 870
Enders-Brehm K., (2012): Diplomarbeit, Universität Bonn
Maciejewski G., 2007, PerSea 2.6: <http://www.astr.uni.torun.pl/~gm/software.html>
Schmidt, H., Giesekeing, F. (1977): Veränderliche Sterne in Sternassoziationen, Forschungsbericht des Landes NRW Nr. 2654, Westdeutscher Verlag
Williams P.R., Wozniak S.J., Vestrand W.T., Gupta V., (2004): Astron. J. 128, 2965

Danksagung

Wir danken Jan Claren, Inga Ditsche, Michael Häfner, Palwascha Niazmand, Bastian Nickel, Antonia Wagerner für die Mitarbeit bei der Reduktion der Daten. Das „Schülerlabor Küstner“ ist ein Teilprojekt der „Physikwerkstatt Rheinland“. Dem NRW-Projekt „Zukunft durch Innovation“ (Zdi) sei gedankt für finanzielle Unterstützung.

Ein Dank geht auch an Dietmar Bannuscher für seine Anregungen!

Diese Untersuchung nutzte das Datenbanksystem von Aladin, Simbad und Vizier des CDS Strasbourg.

Michael Geffert, Julian Dräger, Philip Hauer
Schülerlabor Küstner, Argelander-Institut für Astronomie,
Auf dem Hügel 71, 53121 Bonn