

# Veränderliche Sterne im Kugelsternhaufen Messier 3

Michael Geffert

## Einleitung

Variable Sterne sind nicht nur wissenschaftlich bedeutend (z.B. für die Entfernungsbestimmung im All), sondern auch didaktisch wertvolle Objekte. Der Grund ist, dass die Änderung der Helligkeit von veränderlichen Sternen mit großer Amplitude auch mit bloßem Auge direkt am Fernrohr oder auf Sternaufnahmen leicht selbst erlebbar ist. Besonders interessant sind Kugelsternhaufen, die eine größere Anzahl von RR-Lyrae-Sternen enthalten. Mit ihnen ist es möglich, einen Datensatz von Aufnahmen eines Kugelsternhaufens zu verwenden, um gleichzeitig mehrere Lichtkurven veränderlicher Sterne abzuleiten (z.B. mit einer Praktikumsgruppe). Messier 3 (Abbildung 1) und Omega Centauri sind geeignete Kugelsternhaufen, da bei ihnen weit über 100 RR-Lyrae-Sterne bekannt sind.

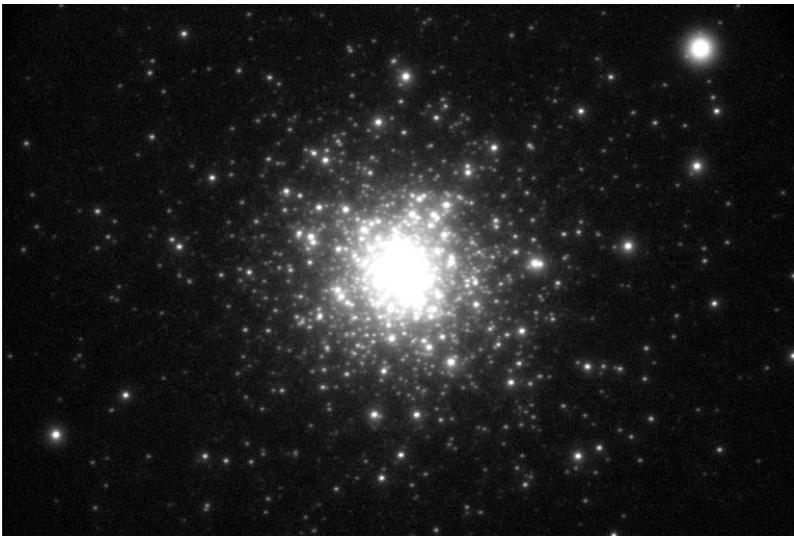


Abb.1: Der Kugelsternhaufen Messier 3 aufgenommen mit dem Lichtenknecker Refraktor des Observatoriums Hoher List. Das Feld beträgt etwa  $15' \times 10'$ .

## Schülerpraktika am Observatorium Hoher List

Die Zeit nach 2000 bis zur endgültigen Schließung der Eifelsternwarte war bestimmt durch Aktivitäten, die belegen sollten, dass ein solches Observatorium zwar nach knapp fünfzig Jahren technisch veraltet war, aber dennoch für die Ausbildung von Schülern und Studenten wertvolle Dienste leisten konnte. Im April 2007 hatten wir das Glück, dass sich im Rahmen zweier Schülerpraktika am Hohen List eine herausragend günstige Wetterlage einstellte, die es gestattete, in mehreren aufeinander folgenden Nächten Aufnahmen für die exemplarische Untersuchung variabler Sterne zu erhalten. Als Objekt für diese Arbeit wurde der Kugelsternhaufen Messier 3 ausgesucht, der

wegen seiner hohen Anzahl von veränderlichen Sternen für solche Untersuchungen geeignet erschien und im April die ganze Nacht am Observatorium sichtbar war. In dieser Arbeit werden erste Resultate dieser Beobachtungskampagne vorgestellt und unter dem Aspekt der Nutzbarkeit für Praktika untersucht.

### **Beobachtungsmaterial und seine Bearbeitung**

Das Teleskop, dessen Aufnahmen die Grundlage dieser Arbeit darstellen, war ein Lichtenknecker-Refraktor mit 1,50 m Brennweite und 15 cm Öffnung. Das Gerät wurde um 2000 an die Montierung des Schmidtspiegels von 1954 angebaut. Mit Mitteln der Robert-Bosch-Stiftung konnte zusätzlich eine ST7-Kamera für Schülerpraktika angeschafft werden. Für die Reduktion nutzten wir das Programm Astroart. In der Nacht vom 11. auf den 12. April 2007 erhielten wir über 400 ungefilterte Einzelaufnahmen. Fünf Aufnahmen mit je einer Minute Belichtungszeit wurden zu einer Aufnahme zusammengefasst. Nach Aussortierung fehlerhafter Aufnahmen blieben für diese Nacht 84 gemittelte Aufnahmen. Die Beobachtungen in dieser Nacht erstreckten sich über 8 Stunden.

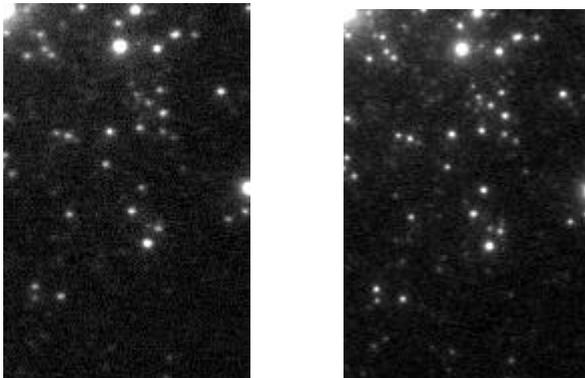


Abb. 2 und 3: Ausschnitte zweier Aufnahmen mit dem variablen Stern NGC 5272 V11 in der Mitte. Die Zeitdifferenz zwischen den Aufnahmen beträgt etwa drei Stunden.

### **Suche nach variablen Sternen durch Vergleich von Aufnahmen**

Eine einfache Methode, nach veränderlichen Sternen zu suchen, besteht in dem Vergleich einzelner Frames, die zu verschiedenen Zeiten entstanden sind. Da die Belichtungen in Serien aufgenommen waren, kann man eine Aufnahme aus dem Anfang der Nacht mit einer solchen aus der Mitte der Nacht vergleichen. Infolge der gleichen Belichtungszeit und der identischen Beobachtungsbedingungen in der Nacht erscheinen die Sterne auf beiden Bildern mit Ausnahme der veränderlichen Sterne gleich hell. Wie viele andere Bildverarbeitungsprogramme, bietet Astroart die Möglichkeit, zwei Frames zu "blinken". Dabei werden wechselseitig zwei Aufnahmen in kurzer Folge nacheinander auf dem Bildschirm gezeigt. Durch Feinjustage kann man sogar erreichen, dass die Bilder exakt übereinanderliegen. Veränderliche Sterne sind auf einer Aufnahme etwas heller und damit ihr Sternbild auch etwas größer. Im

Wechsel mit der anderen Aufnahme sieht es ein bisschen so aus, als würde dieser Stern blinken. Auf diese Weise verraten sich veränderliche Sterne sehr leicht unter den konstant gebliebenen Sternen der Umgebung. Abbildung 2 und 3 zeigen exemplarisch Ausschnitte zweier Aufnahmen eines variablen Sterns zu Beginn und in der Mitte der Nacht.

Alle Aufnahmen wurden mit Hilfe von 20 Referenzsternen des APASS 10 kalibriert. Da das Farbsystem unserer ungefilterten Aufnahmen nicht mit einem klassischen Farbsystem übereinstimmt, sind unsere abgeleiteten Helligkeiten nur Näherungswerte und werden mit  $m$  bezeichnet. Allerdings sollten die Änderungen der Helligkeit einigermaßen unabhängig davon sein. Abbildung 4 zeigt die zugehörige Lichtkurve des Sterns NGC 5272 V11.

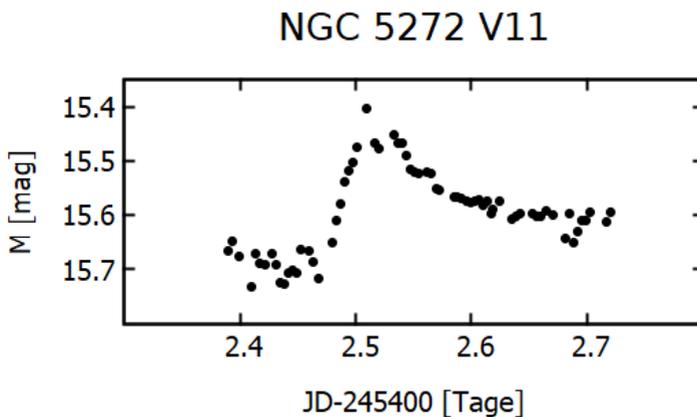


Abb. 4: Lichtkurve von NGC 5272 V11 aus unseren Messungen

Die von uns in dieser Arbeit verwendeten Bezeichnungen der veränderlichen Sterne sind der Arbeit von Sawyer Hogg (1973) entnommen.

### Suche nach variablen Sternen mittels Sigma M / M Diagramm

Nach der Kalibration der Aufnahmen erfolgte die Berechnung von Mittelwert ( $M$ ) und Varianz (Sigma  $M$ ) der Helligkeiten für alle Sterne. Variable Sterne zeigen eine höhere Varianz der Helligkeiten gegenüber anderen Sternen. Abbildung 5 gibt die Abhängigkeit der Varianz Sigma  $M$  von dem Mittelwert der Messungen  $M$  für alle von uns untersuchten Sterne wieder. Das Diagramm zeigt zunächst eine relativ gerade Linie bei Sigma  $M = 0.1$  von  $M=12$  bis  $M=15.5$ , die bei noch größeren  $M$ -Werten bis zu Sigma  $M = 0.4$  ansteigt. Diese Linie zeigt das normale statistische Verhalten von solchen Messungen. In der Nähe der Grenzhelligkeit werden die Zählraten kleiner und damit statistisch die Messungen ungenauer. Die Sterne oberhalb der Linie sind allesamt bekannte Veränderliche aus der Sawyer-Liste. Auffällig sind die vielen Sterne mit größerer Varianz bei  $M=15.2$ . Diese Sterne sind bereits bekannte RR-Lyrae-Sterne, wie das Objekt, dessen Lichtkurve in Abbildung 6 zu sehen ist.

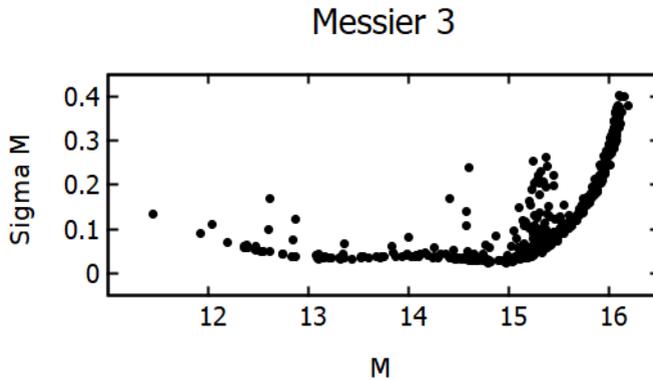


Abb. 5: Varianz aufgetragen gegen mittlere Helligkeit für alle untersuchten Sterne

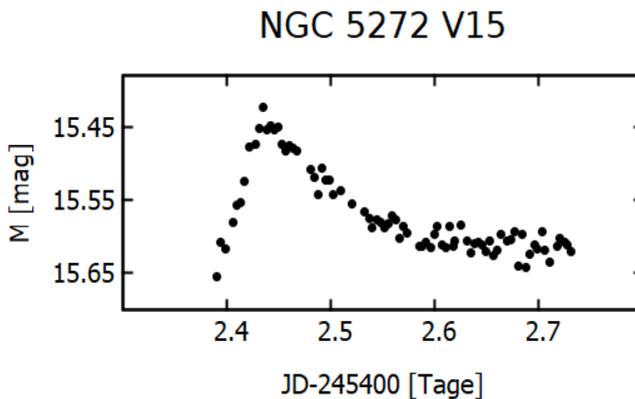


Abb. 6: Lichtkurve eines RR-Lyrae-Sterns aus unseren Messungen

#### Kurzperiodische RR-Lyrae-Sterne

Der Kugelsternhaufen Messier 3 ist in der Literatur mehrfach auf veränderliche Sterne untersucht worden (z.B. Jurcsik et al. (2017) und Literatur darin). 6 Sterne aus dieser Untersuchung haben eine Lichtkurve, deren Periode kleiner ist, als die Zeitspanne unserer Daten. Abbildung 7 zeigt die Lichtkurve eines dieser Sterne. Allerdings ist die Amplitude der Helligkeitsvariation an der Grenze unserer Messgenauigkeit.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass mit einer einfachen fotometrischen Ausrüstung aus Beobachtungen einer Nacht bereits einige interessante Lichtkurven von RR-Lyrae-Sternen abgeleitet werden können. Da die Perioden der Sterne die Länge unserer Beobachtungsnacht aber generell übersteigen, wird man für die

Bestimmung kompletter Lichtkurven Daten aus mehreren Nächten verwenden müssen. Es zeigte sich, dass bereits die Daten einer Beobachtungsnacht innerhalb eines Praktikums interessante Aspekte der astronomischen Beobachtungen liefern kann.

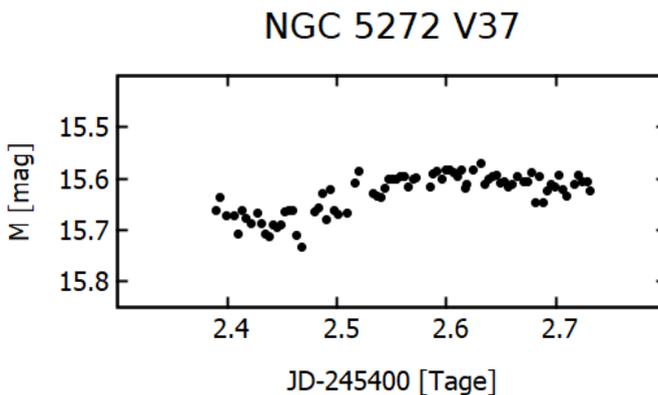


Abb. 7: Lichtkurve eines RR-Lyrae-Sterns mit kleiner Periode ( $P < 0.33$ ).

### Danksagung

This research was made possible through the use of the AAVSO Photometric All-Sky Survey (APASS), funded by the Robert Martin Ayers Sciences Fund and NSF AST-1412587.

This research has made use of the VizieR catalogue access tool, CDS, Strasbourg, France (DOI : 10.26093/cds/vizieR). The original description of the VizieR service was published in 2000, A&AS 143, 23.

Der Robert-Bosch-Stiftung sei für finanzielle Unterstützung gedankt.

Den zahlreichen Praktikantinnen und Praktikanten, die mit großem Enthusiasmus an den Daten gearbeitet hatten, sei an dieser Stelle ausdrücklich ganz herzlich gedankt!

### Literatur

Jurcsik et al., 2017, MN 468, 1317

Sawyer Hogg H., 1973, Pub. David Dunlap Obs. Univ. of Toronto Vol 3, No 6.

Michael Geffert  
Birtzberg Observatorium  
Siefenfeldchen 104  
53332 Bornheim  
email: birtzberg\_obs@posteo.de