Kosmische Blinklichter : Entfernungsbestimmung von Kugelsternhaufen anhand veränderlicher Sterne

Autor(en): **Amlacher, Nadine**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **65 (2007)**

Heft 339

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-898041

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Kosmische Blinklichter

Entfernungsbestimmung von Kugelsternhaufen anhand veränderlicher Sterne

NADINE AMLACHER

Einleitung

Stellen wir uns eine laue Sommernacht vor, in der Ferne beim prächtigen Sonnenuntergang hören wir fröhliche Stimmen. Ein Blick in den Himmel zeigt uns schon einige funkelnde Sterne. So romantisch war es nicht immer bei meiner Matura-Arbeit, welche ich an der Erwachsenen-Matura an der ISME St. Gallen im Laufe eines Jahres bearbeitete.

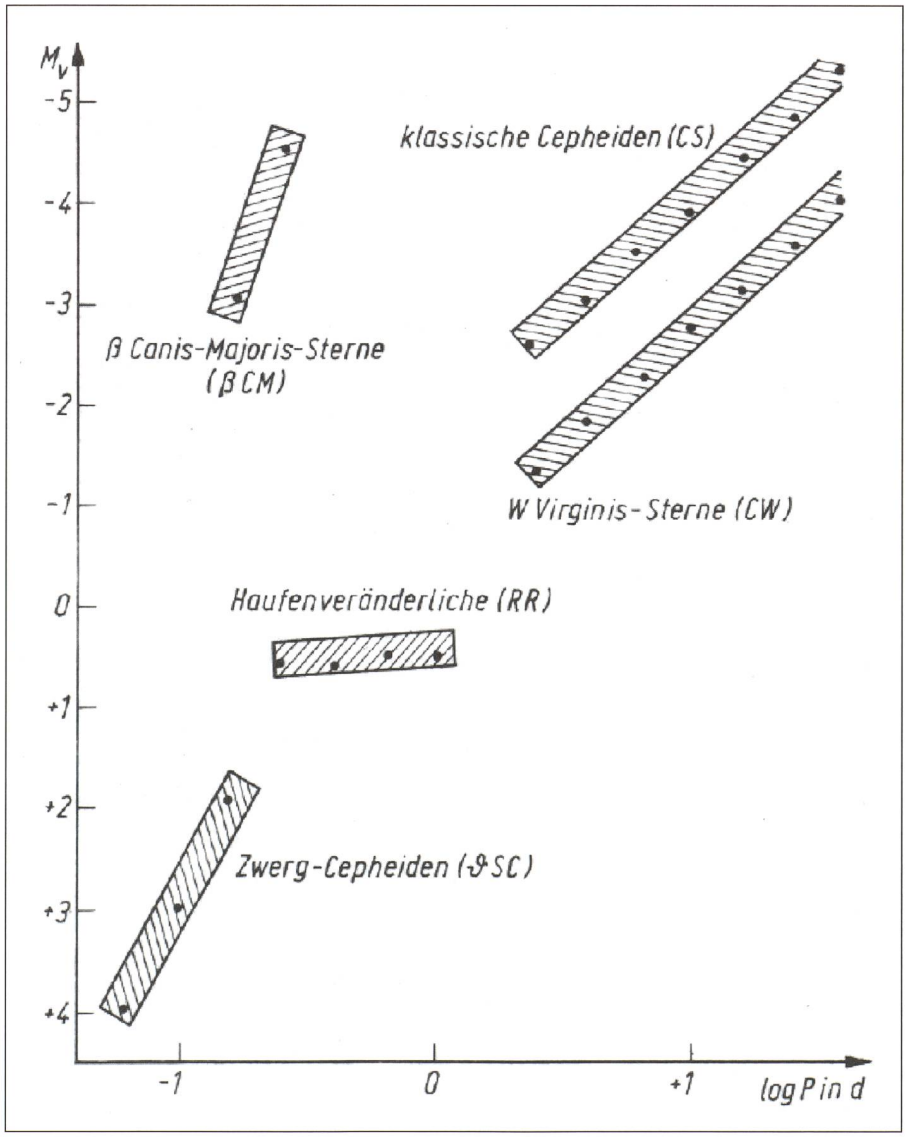
Diese Arbeit handelt zwar ebenfalls von funkelnden Sternen, jedoch hat deren Blinken einen anderen Ursprung.

Dieser Beitrag ist eine Zusammenfassung meiner Matura-Arbeit. Sowohl die eingereichte Arbeit, wie auch eine Zeitraffer-Aufnahme von M15 können auf http://rrlyrae.star-shine.ch betrachtet werden.

Cepheiden, W Virginis- und RR Lyrae- Sterne

HENRIETTA SWAN LEAVITT entdeckte 1912 die veränderlichen Cepheiden und deren Zusammenhang zwischen Periodendauer P und ihrer mittlerer absoluten Helligkeit M:

Abbildung 1: Gegenüberstellung von Periodendauer und absoluter Helligkeit von kurzperiodisch Veränderlichen.



Für Cepheiden mit einer Periodendauer kleiner als 10 Tage:

$$M_{(med)} = -1.66 - 2.08 \cdot \log(P)$$

Für Cepheiden mit einer Periodendauer grösser als 10 Tage:

$$M_{(med)} = -1.49 - 2.25 \cdot \log(P)$$

Dank der Kenntnis der scheinbaren und absoluten Helligkeit (m und M) lässt sich die Distanz r (in Parsec) zu einem Cepheiden folgendermassen bestimmen:

$$r = 10^{\frac{-M + m + 2 \cdot \sqrt[5]{100}}{2 \cdot \sqrt[5]{100}}}$$

$$\approx 10^{\frac{-M + m + 5}{5}}$$

Das Blinken der Cepheiden hat ihren Ursprung im Wechsel von der Wasserstoff- zur Helium-Fusion. Demzufolge befinden sich diese veränderlichen Sterne im Instabilitätsstreifen des Hertzsprung-Russel-Diagramms (HR-Diagramm). Die regelmässige Helligkeitsänderung entsteht folgendermassen: Ist der Stern klein und kompakt, läuft die Kernfusion schneller ab, da sich im innern der Kern verdichtet und die Temperatur zunimmt. Durch die erhöhte Temperatur nimmt der Strahlungsdruck zu und der Stern dehnt sich aus. Im ausgedehnten Zustand verlangsamt sich die Fusion und die Temperatur nimmt ab. Durch die Reduktion des Strahlungsdrucks werden gravitative Kräfte dominant; der Stern fällt in sich zusammen, was zu einem erneuten Anfachen der Fusion führt. Dieser Vorgang wiederholt sich periodisch.

Die instabilen Eigenschaften, welche zur blinkenden Helligkeitsänderung führen, existieren auch bei anderen Sterntypen. Dies sind unter anderem W Virginis- und RR Lyrae-Sterne.

W Virginis-Sterne sind Cepheiden der Population II und wegen ihres geringen Metallgehaltes 1.5 M dunkler. In der Perioden-Leuchtkraft-Beziehung sollte dies unbedingt berücksichtigt werden!

RR Lyrae-Sterne besitzen ein ganz bestimmtes Alter und fast gleiche Masse. Dadurch ist ihre absolute Helligkeit im Schnitt 0.5 M und kann als konstant angesehen werden. Ihre Periodendauer liegt im Zeitraum von 0.2 bis 1.1 Tage; deutlich kürzer als bei den klassischen langperiodischen Cepheiden.

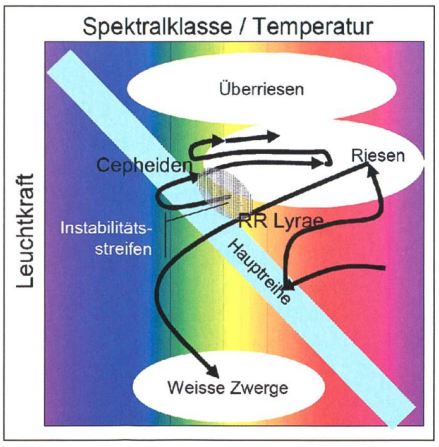
RR-Lyrae-Sterne welche in Kugelsternhaufen und im Halo der Milchstrasse anzutreffen sind, gehören wie die W Virginis-Sterne der Population II an.

Im Gegensatz zu dieser alten Generation sind Cepheiden Population I Sterne, aufgrund ihres Metallgehaltes, noch sehr junge und helle Sterne. Man findet sie häufig in der galaktischen Scheibe oder sonstigen jungen Gebilden der Galaxis.

Wegen der verschiedenen Populationen befinden sich die veränderlichen Sterne in einem anderen Entwicklungsstadium. Der Werdegang von Cepheiden und RR Lyrae-Sternen ist hier im Hertzsprung-Russel-Diagramm eingezeichnet.

Cepheiden sind Sterne, welche kurz nach ihrer Entstehung aufgrund ihrer grösseren Masse schnell in den Instabilitätsstreifen gelangen. RR Lyrae-Sterne, welche etwa zweifache Sonnenmasse bei Sterngeburt aufwiesen, haben sich langsamer entwickelt. Sie gelangen erst nach einem langen Sternenleben in den Instabilitätsstreifen, bevor sie als Weisse Zwerge ausbrennen.

Abbildung 2: Entwicklungsverlauf von Cepheiden und RR-Lyrae-Sterne im Hertzsprung-Russel-Diagramm.



Bildbeschaffung und Verarbeitung

Ich bin sehr glücklich, dass mich die Sternwarte Zimmerwald – betrieben durch das Astronomische Institut der Universität Bern – über einen längeren Zeitraum hinweg mit stündlich gemachten Bildern des Kugelsternhaufens M15 versorgte. Pro Nacht konnten zwischen 3 und 6 Aufnahmen erstellt werden. Dies geschah mit dem einmetrigen Zimlat-Teleskop bei vier Metern Brennweite.

Die Auswertung der Bilder geschah in folgenden Etappen:

1. Erzeugung eines Zeitraffers (Videofile) mit allen Bildern und das Ausrichten dieser, unter Zuhilfenahme von Registax 4.
   Dank dieser Animation konnte das Blinken von veränderlichen Steren auf einfache Art dargestellt werden. Die Erkennung der Veränderlichen vereinfachte sich im abgedunkelten Computer-Raum.
2. Mit MaxIm DL wurden die Helligkeitskurven der erkannten veränderlichen Sterne erstellt.
3. Die Software Phasplot half, die Lichtmessungen aufgrund von geschätzten Periodendauer phasenrichtig darzustellen. Sobald eine Lichtphasenkurve aufgrund der geschätzten Periodendauer „RR Lyrae-Typisch" aussah, war die Periodenschätzung richtig.

Von insgesamt elf identifizierten veränderlichen Sternen konnten für neun Sterne die Lichtkurven aufgezeichnet

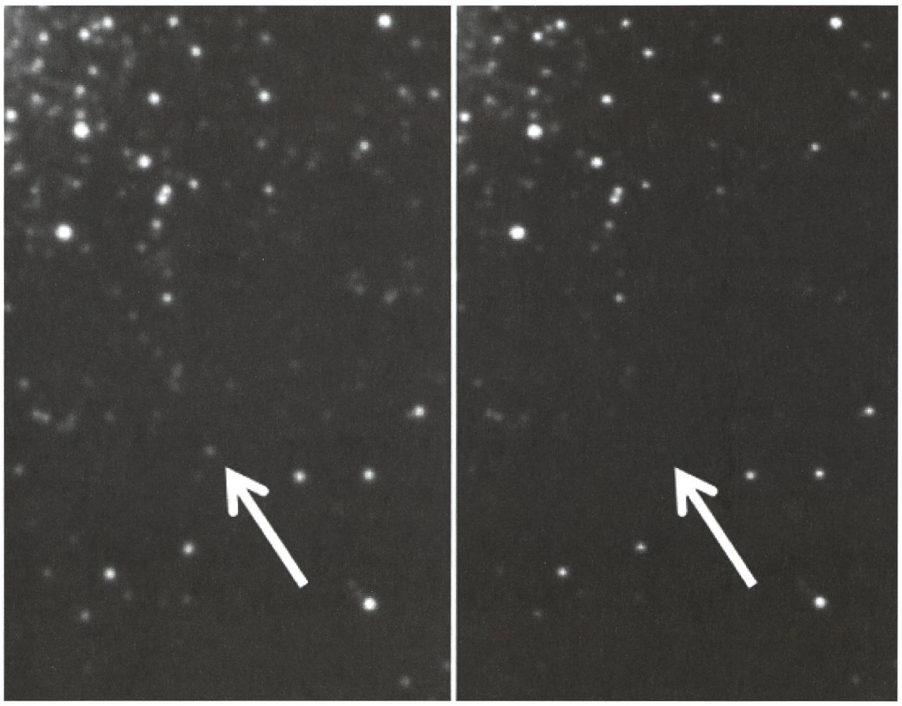


Abbildung 3: Ausschnitt von M15 mit einem markierten Veränderlichen. Linkes Bild Entstand am 02.11.2006 um 1:00, das rechte Bild wurde am 04.11.2006 um 1:00 aufgenommen.

Links und Quellen:

- Homepage zur Matura-Arbeit (Bericht und Zeitraffer):
  http://rrlyrae.star-shine.ch
- Sternwarte Zimmerwald:
  http://www.aiub.unibe.ch/stw/Zimmerwald/Zimmerwaldhome.htm
- ISME St. Gallen:
  http://www.isme.ch/
- Registax 4:
  http://www.astronomie.be/registax/
- MaximDL:
  http://www.cyanogen.com/
- Phasplot:
  http://www.aavso.org/data/software/phasplot.shtml
- Abbildung 1:
  http://www.mpa-garching.mpg.de/lectures/EASTRO_WS04/Einf_Kap_7b.pdf

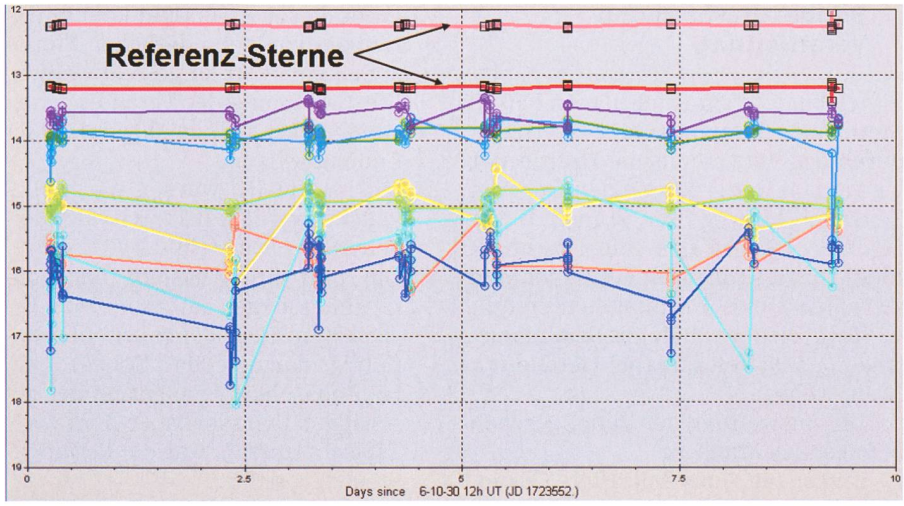


Abbildung 4: Lichtkurve aller analysierten veränderlichen Sterne. Die oberen fast geraden Linien zeigen die beiden Referenzsterne.

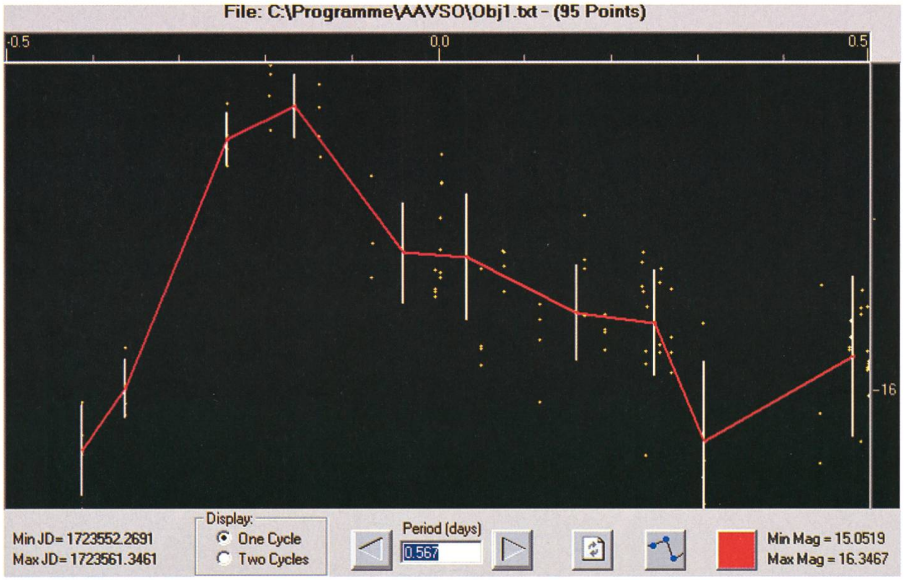
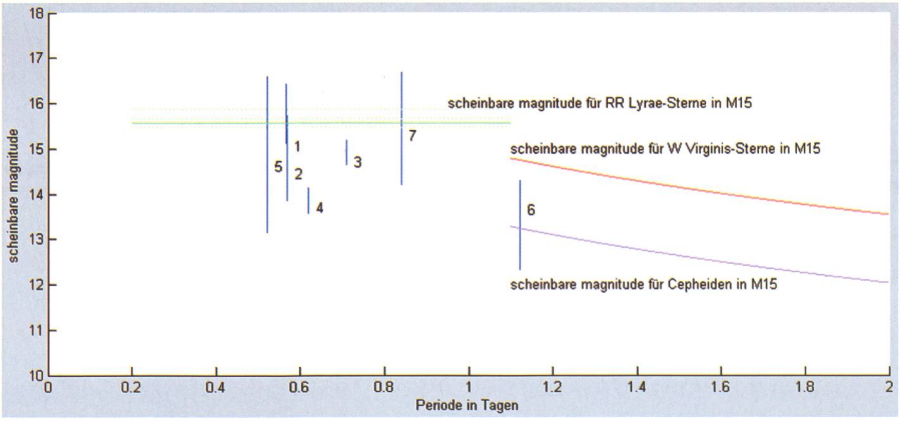


Abbildung 5: Phasendiagramm, erstellt mit Phasplot eines RR-Lyrae-Sterns. Typisch sind der schnelle Helligkeitsanstieg und der langsame Helligkeitsabfall.

Abbildung 6: Die Perioden-Leuchtkraft- Beziehung dargestellt. Die linke Gruppe sind RR-Lyrae-Sterne. Bei Ziffer 6 handelt es sich um die Helligkeiten des regelwidrigen Cepheiden. Bei den beschrifteten Linien handelt es sich um Helligkeitswerte von veränderlichen Sternen, wie diese aufgrund der Entfernungsangabe aus Wikipedia zu erwarten wären.



werden. Fünf Veränderliche wurden vollständig ausgewertet. Bei den restlichen Sternen waren die Messpunkte unglücklich verteilt, was eine Auswertung unmöglich machte. Vier Veränderliche konnten als RR Lyrae- Sterne identifiziert werden.

Ein Veränderlicher tanzte aufgrund seiner Periodendauer von 1.121 Tagen und seiner scheinbaren Helligkeit völlig aus der RR Lyrae-Reihe. Seine Periode entspricht jener von Cepheiden. Cepheiden sind jedoch aufgrund ihres jungen Alters nicht in Kugelsternhaufen anzutreffen. Die zuerst gemachte Vermutung, es handle sich um einen W Virginis-Stern, konnte aufgrund der resultierenden Distanz von 19 600Lj. widerrufen werden. Die Distanzberechnung mit der Formel für Cepheiden ergibt allerdings mit 39 000Lj. einen plausibleren Wert. Dieser Stern entpuppte sich nach Internetrecherchen tatsächlich als regelwidriger Cepheid! Eine sehr grosse Überraschung für mich.

Die Distanz von M15 beträgt im Mittel aller ausgewerteten Veränderlichen 33'300 Lichtjahre mit einer Unsicherheit von ca. ±2300 Lj. Dies stellt ein ziemlich gutes Resultat dar, verglichen mit der Distanzangabe von 33 600 Lj. aus Wikipedia.

Nach einigen Rückschlägen, Schlechtwetterperioden und immer neuen Herausforderungen konnte gegen Ende der Arbeit ein zufriedenstellendes Resultat präsentiert werden.

Highlights der Arbeit

- Nachweis des regelwidrigen Cepheiden in M15.
- Bearbeitung des Gebietes von kurzperiodischen Veränderlichen, welches bei Amateur-Astronomen eher wenig bekannt ist.
- Recht genaue Bestimmung der Entfernung von M15.
- Trotz einigen Schwierigkeiten bei der Auswertung und zahlreichen Schlechtwetterperioden konnten schliesslich plausible Resultate gezeigt werden.

Zur Autorin:

NADINE AMLACHER (29) ist Mitglied der Astronomischen Gesellschaft Zürcher Unterland. Sie ist gelernte Psychiatrie-Schwester und absolviert im zweiten Bildungsweg die Abendmatura an der ISME (Interstaatlichen Maturitätsschule für Erwachsene) in St. Gallen, mit dem Ziel, diesen Herbst mit dem Physik-Studium beginnen zu können.

NADINE AMLACHER
Neuhüsli-Park 8, CH-8645 Jona
nadine.amlacher@star-shine.ch