

AM CVn - Nachweis einer extrem kurzen Umlaufperiode durch "Faltung" der Lichtkurve

Hans-Günter Diederich

Einführung

Auslöser für dieses Projekt war ein großes Interesse an den Doppelsternsystemen mit kürzesten Umlauf- und Rotationsperioden. Ich suchte mir geeignete Objekte in der Literatur und war empfänglich für entsprechende Arbeiten auf astro-ph. Mit diesen Hinweisen wurden dann Lichtkurven-Projekte geplant und einige inzwischen auch durchgeführt. Als zumindest halbwegs geeignet erschien mir AM CVn.

Probleme mit der Auswertung der erstellten Lichtkurven zwangen mich zur Literaturrecherche im Internet. Ohne handfeste Informationen (verbale Beschreibungen und Lichtkurven zum Vergleichen) war ein erfolgreicher Abschluss des Projekts nicht möglich. AM CVn stellte sich dabei als "harter Brocken" heraus. An seinem Beispiel wird gezeigt, dass dennoch der Nachweis der Umlaufbewegung von engen, ultrakurzperiodischen Doppelsternsystemen für Sternfreunde möglich ist.

Die Auswertung der Lichtkurve von AM CVn bildet den Schwerpunkt dieses Aufsatzes. Um die Lesbarkeit zu verbessern, werden Informationen zur Klasse der AM-CVn-Sterne und zu deren Prototyp voran gestellt.

AM-CVn-Sterne

Bei AM-CVn-Sternen handelt es sich um heliumreiche kataklysmische Systemen mit ultrakurzen Umlaufperioden. Diese Klasse umfasst elf Mitglieder, die jeweils aus einem akkretierenden Weißen Zwerg (Primärkomponente) und einer Sekundärkomponente bestehen. Bei letzterer handelt es sich um einen degenerierten oder um einen halb-degenerierten Stern, der durch Roche-Lobus-Überlauf Masse an den Weißen Zwerg abgibt.

Zwei Entwicklungslinien sind bekannt, die zu einer degenerierten bzw. zu einer halb-degenerierten Sekundärkomponente führen. Beiden Linien ist gemein, dass die Abstrahlung von Gravitationswellen zu einer Annäherung der beiden Komponenten führt. Zeitweise wird der Abstand so gering, dass nicht einmal mehr die Ausbildung einer Akkretionsscheibe möglich ist und der Akkretionsstrom direkt auf die Oberfläche des massereicheren Weißen Zwergs aufschlägt. Nach einer Phase der größten Annäherung entfernen sich beide Komponenten von einander, und die Periodendauer nimmt wieder zu.

Drei Entwicklungsstufen bzw. Phasen können unterschieden werden:

- Phase des "hohen Zustands" ("high-state phase")
- Ausbruchs-Phase ("outbursting phase")
- "Phase der längsten Periode" ("the longest period systems"). Es handelt sich um eine "low-state" Phase.

Die Angaben bisher stammen überwiegend aus "Review of AM CVn or Helium Cataclysmic Variable stars, Gokhale (2005)". Es scheint, als habe die Erforschung der AM-CVn-Sterne noch nicht zu einem Abschluss gefunden. Noch in "Superhumps, magnetic fields and the mass ratio in AM Canum Venaticorum, Pearson (2003)" werden weitergehende Beobachtungen angeregt, um immer noch ausstehende Fragen nach der Natur dieser Doppelsternsysteme beantworten zu können.

AM CVn

Lt. Simbad schwankt die Helligkeit von AM CVn zwischen $V = 14.10$ mag und $V = 14.18$ mag. Die Amplitude beträgt demnach 0.08 mag.

Die Informationen, welche ich mir vor einigen Jahren aus dem GCVS holte, nennen als Grund der Veränderlichkeit "transition variable" und als Periode 0,01216609 Tage (= 18 Minuten). Dieser Wert wird in der Literatur inzwischen mit 17,52 Minuten angegeben.

AM CVn ist ein System im "hohen Zustands" ("high state system"). Nach "Ultrashort-Period Binaries. II. HZ 29 (=AM CVn): a Double-White Semidetached Postcataclysmic Nova, Faulkner et al. (1972)" beträgt der Abstand beider Komponenten 100.000 km. Das sollte man sich einmal bildlich vorstellen.

Lichtkurve über vier Perioden - ein hoffnungsloser Fall?

Wie oben bereits angedeutet, ist AM CVn ein interessantes System und Prototyp einer noch interessanteren Klasse von Veränderlichen. Die genannte kurze Periodendauer von 18 Minuten ließ mehrere Wiederholungen als durchführbar erscheinen. Und die Amplitude von nur 0.08 mag war eine Spur zu groß, um es nicht einmal mit einer Lichtkurve zu versuchen.

Am 09.12.2007 war es dann soweit: nach anfänglichen Aufnahmen für ein Belegbild wurde die Lichtkurven-Serie gestartet. Mit 12,5"-f/9 RC, STL1001E und infrarot-durchlässigem Klarglasfilter entstanden hintereinander weg 103 Einzelbilder á 40 Sekunden mit Autodark. Der Beobachtungszeitraum umfasste 1 Stunde 19 Minuten. Bei einer Periode von 18 Minuten erwartete ich etwas mehr als vier im Diagramm sichtbare Perioden.

Mit zwei Vergleichssternen (14.3 mag und 12.3 mag) fotometriert, zeigte sich nicht die Spur eines periodischen Kurvenzuges. Ich schaute auf eine wüste "Zappelei" und war enttäuscht [Abb. 1]. Dann merkte ich, dass V2 erheblich weniger Schwankungen zeigte als AM CVn. Dessen Verhalten konnte also nicht ausschließlich durch schlechtes Seeing erklärt werden. Da war etwas "Echtes" dran. Aber nichts ließ einen periodischen Verlauf erkennen. War das etwa "flickering", welches den auf die Umlaufbewegung zurück zu führenden Anteil überdeckte? Ließ sich etwa die Umlaufbewegung in der Lichtkurve gar nicht nachweisen? War das Projekt somit gescheitert?

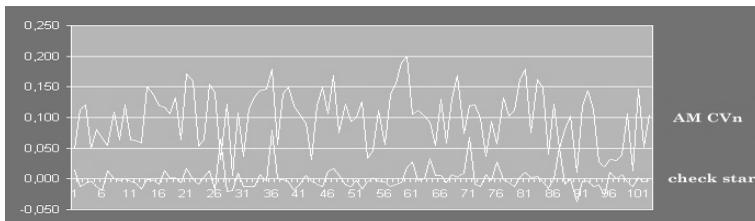


Abb. 1

Hilfe kommt durch Faltung

Einen Tag später hatte ich mich etwas erholt. Mir war auch ein Idee gekommen: "Faltung". Ich zerschnitt mein Tabellenblatt also in mehrere Abschnitte, immer an der Stelle, an der ein Vielfaches der Periodendauer von 18 Minuten erreicht war. Bedenken wegen der Ungenauigkeiten hatte ich nicht. Erstens war das Projekt sowieso schon "verhunzt", zweitens war das vermeintlich alles überdeckende "flickering" offenbar so groß, dass kleinere Fehler am großen Gesamteindruck nichts verschlechtern konnten.

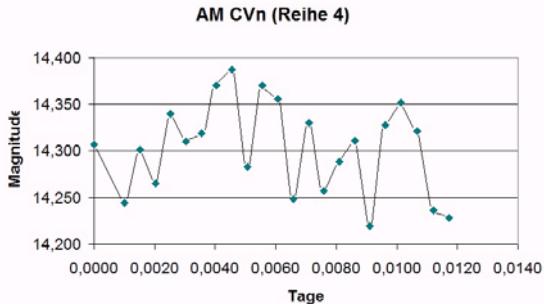


Abb. 2: Eine der vier Teil-Lichtkurven

Für jede der vier vollständigen Perioden wurden Teil-Lichtkurven erstellt. In der Abb. 2 ist die beste dargestellt. Nur mit äußerster Fantasie und Überzeugungskraft ließ sich ein Buckel in der Mitte erkennen. Hinzu kam, dass die drei anderen Teil-Lichtkurven noch "zappeliger" aussahen und sich untereinander sogar widersprachen. Das war also wieder nichts.

Aber würde eine gefaltete, gemittelte Lichtkurve endlich ein Ergebnis zeigen? Zunächst stellte ich alle Datenpunkte der vier Teil-Lichtkurven gemeinsam dar. Erkennbar ist in Abb. 3 zunächst die große Variabilität, die hierüber mit "Zappelei" umschrieben wurde. Der Wunsch zum Erkennen von gemeinsamen Strukturen führte mich dazu, drei "Minima" im breiten Lichtkurven-Band durch Rechtecke zu markieren.

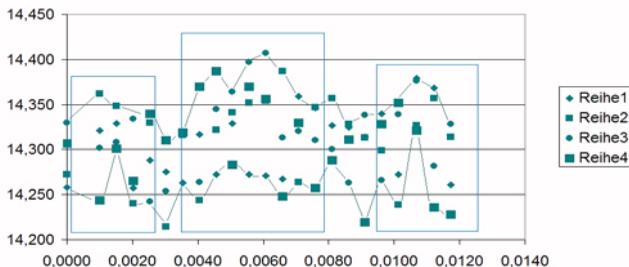


Abb. 3: Lichtkurven"band" mit allen Messwerten (gefaltet)

Die gemittelte Lichtkurve sah auch nicht besser aus als die einzelnen Teil-Lichtkuren. Wie sollte man dort einen ausgleichenden Kurvenzug hindurchlegen [Abb. 4]? Wie sollten bei diesem Datenmaterial eindeutige Details erkannt werden, um mit ihrer Hilfe die Periodizität zweifelsfrei zu erkennen? Wieder einmal endete die Auswertung ohne zufrieden stellendes Ergebnis.

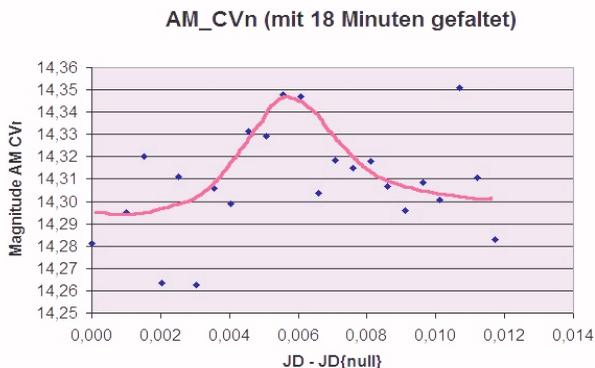


Abb. 4: manuelle Glättung (1. Versuch)

Vergleich der eigenen mit fremden Lichtkurve

Wieder einen Tag später kommt mir die Idee einer Tiefpassfilterung: ich nehme die zappelige gefaltete, gemittelte Lichtkurve und fasse jeweils zwei benachbarte Messwerte zusammen, trage im Diagramm diese Mittelwerte ein. Und auf einmal sieht die Lichtkurve deutlich „runder“ aus [Abb. 5].

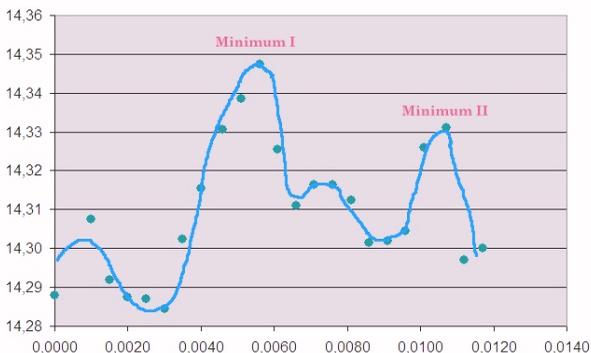


Abb. 5: Manuelle Glättung der gemittelten Lichtkurve (2. Versuch)

Erstmals lässt sich jetzt eine Kurve hineinzeichnen, die allen Datenpunkten ohne große Sprünge folgt. Zwei unterschiedlich tiefe Minima fallen auf. Dies könnte der lang

gesuchte Hinweis auf die Umlaufperiode sein. Aber ist das echt? Warum sind die unbehandelten Teil-Lichtkurve so divergent und so "zappelig"? Eine Bestätigung erfordert den Vergleich mit Lichtkurve der Fachastronomie. Und bald wird sich herausstellen, dass es genau diese beiden unterschiedlich tiefen Minima sind, welche zur Lösung führen.

In "1975AcA....25..371S, Light variability of AM CVn = HZ 29, Smak (1975)" wird von zwei unterschiedlich tiefen Minima gesprochen. Die vielen Lichtkurven dieser Arbeit weichen genauso "chaotisch" von einander ab, wie es bei mir der Fall ist. Die Schwierigkeiten liegen also nicht am Seeing, am "flickering", auch nicht an den eigenen Aufnahmen und deren Auswertung. Sie sind in AM CVn selbst begründet.

In "Photometry and intrinsic period of HZ 29 (=AM CVn)" nennt Krzeminski (1972) die Lichtkurve von AM CVn "doppel-gebuckelt" ("double-humped").

In "Ultrashort-Period Stellar Oscillations. II. The Period and Light Curve of HZ 29, Ostriker & Hesser (1968)" wird diese Form der Lichtkurve als "Doppelwellentyp" ("double wave type") bezeichnet.

Da sich sogar unmittelbar aufeinander folgende Lichtkurve in ihrer Gestalt so sehr unterscheiden, dass jegliche Ähnlichkeit zwischen ihnen fehlt, kann auch eine gemittelte Lichtkurve nur mit großer Vorsicht für weiter gehende Auswertungen (Bestimmung von Elementen, zeitliche Entwicklung der Periodendauer usw.) benutzt werden.

Die übereinstimmenden vielfach wiederholten Aussagen und mehrere Lichtkurven aus der Fachliteratur bestätigen nachträglich meine Beobachtung und Auswertung. Es war wohl ein glücklicher Umstand, dies alles vorher nicht gewusst zu haben. Vermutlich wäre ich sonst vor diesem Projekt zurück geschreckt. Ebenso wichtig war aber auch, bei den ersten aufgetretenen Schwierigkeiten nicht klein beigegeben zu haben. Mit der Bestätigung der Lichtkurve gilt jetzt auch die Umlaufbewegung von AM CVn als nachgewiesen.

Weitere Beobachtungen

AM CVn ist wirklich ein verzwicktes Objekt. Seine Merkwürdigkeiten ("peculiarities") sind seit mehreren Jahrzehnten Anlass zu fachastronomischen Untersuchungen, machen aber auch den Reiz von Amateurbesichtigungen aus.

Natürlich ist AM CVn schwierig. Aber zu einer Zeit, in der sich Sternfreunde an den Nachweis von Exoplaneten (durch Beobachtung von Transits) wagen, ist auch AM CVn "machbar". Und eine einmal geglückte Beobachtung muss ja nicht die letzte gewesen sein ...